

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Красноярский государственный технический университет

**Л. Ф. Силин**

# **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ТРАНСФОРМАТОРЫ**

Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве сборника задач

Красноярск 2003

УДК 621.314.2+621.313.33(07)

С 36

Рецензенты:

А. В. Бастрон, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой электроснабжения  
КрасГАУ;

С. П. Жуков, канд. техн. наук, доцент КГТУ

**Силин, Л. Ф.**

С 36 Электрические машины. Трансформаторы: Сборник задач /  
Л. Ф. Силин. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 96 с.  
ISBN 5-7636-0513-6

*Приведены 60 индивидуальных вариантов задач и список литературы по разделу «Трансформаторы» дисциплин «Электрические машины» и «Электро-механика».*

*Предназначен для студентов направлений подготовки 654500 – «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» (спец. 180400, 180500, 180700, 311400), 650900 – «Электроэнергетика» (спец. 100100, 100200, 100400), а также 660300 – «Агроинженерия».*

УДК 621.314.2+621.313.33(07)

ISBN 5-7636-0513-6

© КГТУ, 2003

© Л. Ф. Силин, 2003

Редактор Т. И. Тайгина

Гигиенический сертификат № 24.49.04.953.П.000338.05.01 от 25.05.2001 г.

Подп. в печать 13.02.2003. Формат 60х84/16. Бумага тип. № 1. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 5,5. Уч.-изд. л. 4,75. Тираж 400 экз.

Заказ 741.

С 56

Отпечатано в ИПЦ КГТУ

660074, Красноярск, ул. Киренского, 26

## ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для самостоятельной работы студентов при изучении курсов “Электрические машины” и “Электромеханика” с целью улучшения практической инженерной подготовки будущих специалистов к их профессиональной деятельности. Сборник задач соответствует программе раздела “Трансформаторы” дисциплин “Электрические машины” для специальностей 1804, 1805, 1807 и 3114 (направления подготовки 654500 и 660300 ГОС ВПО); “Электромеханика” для специальностей 1001, 1002, 1004 (направление подготовки 650900 ГОС ВПО). Пособие может быть рекомендовано для студентов других электротехнических специальностей.

Сборник задач содержит шестьдесят индивидуальных вариантов задач, вследствие чего для их решения требуется сознательная самостоятельная работа каждого студента.

В начале пособия приведены ссылки на рекомендуемую литературу с указанием необходимых для решения той или иной задачи разделов. Пользуясь этими ссылками, можно повторить или изучить основные теоретические положения, необходимые для решения конкретной задачи. Список рекомендуемой литературы, на которую сделаны ссылки, приведен в конце учебного пособия. В приложении (табл. П1) приведена кривая намагничивания электротехнической стали, используемой для магнитопроводов трансформаторов.

В каждом из вариантов задачи распределены в порядке, соответствующем общепринятой последовательности изучения теоретического материала. Вначале даны наиболее простые задачи, служащие для лучшего понимания устройства и принципа действия, методов исследования и способов определения параметров трансформаторов. Далее следуют более сложные задачи по определению схем и групп соединения обмоток, основных характеристик при работе трансформаторов в конкретных эксплуатационных режимах. Поэтому решать задачи целесообразно в заданном порядке, начиная с первой.

Большинство трансформаторов, технические данные которых использованы при составлении задач, предназначены для включения в сеть с частотой изменения напряжения 50 Гц. Поэтому в тех случаях, когда это не оговорено специально, следует принимать частоту сети  $f_1 = 50$  Гц. Активные сопротивления обмоток трансформатора приведены к рабочей температуре. Расчеты следует выполнять в международной системе измерения физических величин (СИ).

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### К задачам 1, 2

- [1, 3, разд. 2.1; 2.2; 2.7]
- [2, разд. 1.1–1.3; 2.1; 2.2; 2.5]
- [4, разд. 1; 2; 8.1]
- [5, разд. 12.1–12.3; 13.2]
- [6, ч. 1, разд. 2.1–2.6]
- [7, ч. 1, разд. 12.1–12.6; 13.1–13.3; 14.1–14.6]

### К задаче 3

- [1, 3, разд. 2.5; 2.7; 2.8]
- [2, разд. 1.5; 3]
- [4, разд. 4.1; 4.3]
- [5, разд. 12.4]
- [6, ч. 1, разд. 2.11]
- [7, ч. 1, разд. 15.1–15.7]

### К задачам 4, 8

- [1, 3, разд. 2.3–2.6; 2.8; 2.11]
- [2, разд. 1.3–1.5; 1.9]
- [4, разд. 4.3; 11.1–11.4]
- [5, разд. 12.4; 14.3–14.5; 15.5]
- [6, ч. 1, разд. 2.11–2.13]
- [7, ч. 1, разд. 15.7–15.9; 20.1–20.4]

### К задачам 5, 6, 7

- [1, 3, разд. 2.3–2.6; 2.8; 2.10]
- [2, разд. 1.3–1.6]
- [4, разд. 3.1–3.6; 5.1; 5.2; 6.1–6.3]
- [5, разд. 14.1–14.5; 15.1–15.4]
- [6, ч. 1, разд. 2.7–2.10]
- [7, ч. 1, разд. 13.4–13.7; 16; 17; 18.1–18.11]

## ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ

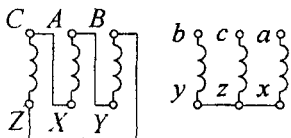
## В а р и а н т 1

1 Номинальные данные трансформатора первичное напряжение  $U_{1H} = 380$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 220$  В. Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,4$  Тл. Определите максимальную индукцию  $B_m$  и вторичное напряжение  $U_2$  в режиме холостого хода при включении первичной обмотки в сеть с напряжением 220 В.

2 Определите активное  $r_{1X}$ , индуктивное  $x_{1X}$  и полное  $Z_{1X}$  сопротивления первичной обмотки в режиме холостого хода однофазного трансформатора со следующими данными: полная мощность  $S_H = 63$  кВ·А, первичное напряжение  $U_1 = 6$  кВ, ток холостого хода  $i_{1X} = 3\%$ , потребляемая из сети активная мощность  $P_{1X} = 0,26$  кВт.

3 Первичная обмотка трехфазного трансформатора подключена к сети с линейным напряжением  $U_{1Л} = 0,66$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 0,0173$ . Определите линейные и фазные первичные и вторичные напряжения.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1HЛ} = 6$  кВ,  $U_{2HЛ} = 6,3$  кВ,  $S_H = 2500$  кВ·А. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . По данным опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках определены потребляемая из сети активная мощность  $P_{1K} = 23,5$  кВт и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,171$ . Определите действительные (неприведенные) активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора. Током холостого хода пренебречь.

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, определите изменение вторичного напряжения трансформатора

при номинальной нагрузке с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$

7 Определите коэффициент загрузки  $k_{3\max}$ , при котором КПД трехфазного трансформатора будет максимальным. Данные трансформатора  $S_H = 2500$  кВ·А,  $U_{1HЛ} = 35$  кВ,  $U_{2HЛ} = 6,3$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Активные сопротивления T-образной схемы замещения  $r_0 = 7160$  Ом,  $r_1 = r_2' = 2,3$  Ом. Намагничивающий ток  $i_0 = 1,1$  %. Рассчитайте максимальный КПД трансформатора.

8 Два одинаковых трансформатора с напряжениями короткого замыкания  $u_K = 5,5$  % и соединением обмоток первого  $\Delta/Y-11$ , второго Y/Y-0 включены параллельно и работают в режиме холостого хода. Без учета намагничивающих токов определите уравнивающие токи в обмотках трансформаторов (по отношению к номинальным токам) и оцените возможность работы трансформаторов.

## В а р и а н т 2

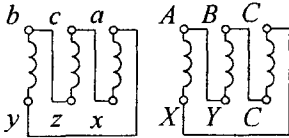
1 Однофазный трансформатор включен в сеть с первичным напряжением  $U_{1H} = 220$  В. Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 61$ . Активное сечение стали магнитопровода  $P_C = 62,9$  см<sup>2</sup>, амплитуда магнитной индукции в стержне  $B_m = 1,5$  Тл. Определите коэффициент трансформации, пренебрегая током холостого хода трансформатора.

2 Активное сечение стали магнитопровода  $P_C = 263$  см<sup>2</sup>. Материал магнитопровода – электротехническая листовая сталь 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. При включении трансформатора на холостом ходу в сеть частотой  $f_1 = 50$  Гц с номинальным первичным напряжением амплитуда магнитного потока в магнитопровode  $\Phi_m = 3,682 \times 10^{-2}$  Вб. Определите, как и во сколько раз изменится амплитуда реактивной составляющей намагничивающего тока  $I_{0pm}$  при включении ненагруженного трансформатора в сеть частотой  $f_1 = 60$  Гц с номинальным первичным напряжением. Падением напряжения в первичной обмотке пренебречь.

3 Групповой трехфазный трансформатор собран из трех однофазных с номинальными мощностью  $S_H = 400$  кВ·А и напряжениями обмоток  $U_{1H} = 11,55$  кВ,  $U_{2H} = 3,81$  кВ. Первичная и вторичная обмот-

ки трансформатора соединены в звезду. Определите фазные и линейные токи и напряжения первичной и вторичной обмоток.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Определите параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1НЛ} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 0,4 \text{ кВ}$ . Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Намагничивающий ток  $i_0 = 1,4 \%$ , напряжение короткого замыкания  $u_k = 6,5 \%$ . Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\chi = 2,35 \text{ кВт}$ , короткого замыкания при номинальном токе  $p_{KH} = 12,2 \text{ кВт}$ .

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 определите на сколько процентов изменится вторичное напряжение при номинальной нагрузке трансформатора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ .

7 Определите потери холостого хода  $p_\chi$  и короткого замыкания при номинальных токах обмоток  $p_{KH}$  трансформатора. В режиме номинальной нагрузки трансформатора с  $\cos \varphi_2 = 0,98$  вторичная активная мощность  $P_{2H} = 535,5 \text{ кВт}$ , КПД трансформатора  $\eta_H = 0,984$ . КПД достигает максимума при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,415$ . Рассчитайте максимальный КПД трансформатора.

8 Два однофазных трансформатора с одинаковыми соединением обмоток и мощностями  $S_{H1} = S_{H2} = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  включены параллельно на напряжения  $U_{1H} = 6 \text{ кВ}$  и  $U_{2H} = 0,4 \text{ кВ}$ . Коэффициенты трансформации трансформаторов  $k_{12(1)} = 14,85$  и  $k_{12(2)} = 15,15$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 16,2 \text{ Ом}$ . Определите номинальные и уравнивающие токи обмоток трансформаторов.

### В а р и а н т 3

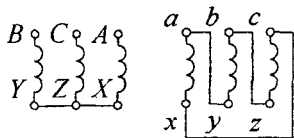
1 Данные трансформатора: первичное напряжение  $U_{1H} = 220 \text{ В}$ , вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 127 \text{ В}$ , число витков

первичной обмотки  $w_1 = 1150$ , частота напряжения  $f_1 = 50$  Гц, максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,1$  Тл. Трансформатор необходимо включить в сеть с частотой  $f_1' = 150$  Гц и напряжением  $U_1 = 220$  В. Для снижения магнитных потерь максимальную индукцию в магнитопроводе целесообразно уменьшить до  $0,635$  Тл. Как следует изменить число витков обмоток (перемотать трансформатор), чтобы получить вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_2 = 36$  В?

2. Активное сечение стали магнитопровода  $P_c = 122$  см<sup>2</sup>. Магнитопровод изготовлен из листовой электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. При включении трансформатора на холостом ходу в сеть частотой  $f_1 = 50$  Гц с номинальным первичным напряжением амплитуда магнитного потока в магнитопроводе  $\Phi_m = 1,891 \cdot 10^{-2}$  Вб. Определите, как и во сколько раз изменится амплитуда реактивной составляющей намагничивающего тока  $I_{0pt}$  при уменьшении частоты  $f_1$  до  $45$  Гц.

3. В трехфазную группу соединены три однофазных трансформатора с номинальными данными: полная мощность  $S_H = 63$  кВ·А, напряжения обмоток  $U_{1H} = 6$  кВ,  $U_{2H} = 3,15$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Определите фазные и линейные токи и напряжения первичной и вторичной обмоток группового трехфазного трансформатора.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Определите сопротивления Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными:  $S_H = 1600$  кВ·А,  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2HL} = 6,3$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . По данным опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены полная мощность  $S_{1X} = 22,4$  кВ·А и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1X} = 0,138$ . По данным опыта короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке определены потребляемая полная мощность  $S_{1K} = 104$  кВ·А и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,159$ .



6 Рассчитайте и начертите внешние характеристики трехфазного трансформатора для режимов работы с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ·А,  $U_{1H7} = 6$  кВ,  $U_{2H7} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Индуктивные сопротивления рассеяния обмоток трансформатора  $x_1 = x_2' = 2,9$  Ом. Коэффициент мощности при коротком замыкании  $\cos \varphi_{1K} = 0,222$ .

7 Для трехфазного трансформатора с данными, приведенными в задаче № 5, определите коэффициент загрузки  $k_{3\max}$ , при котором КПД трансформатора максимален. Коэффициент мощности во вторичной обмотке  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Рассчитайте максимальный КПД трансформатора. Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Два трехфазных трансформатора с мощностями  $S_{H1} = 25$  кВ·А,  $S_{H2} = 40$  кВ·А и соединением обмоток  $\Delta/Y_H-11$  включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H7} = 6$  кВ и  $U_{2H7} = 0,69$  кВ. Напряжение короткого замыкания первого трансформатора  $u_{K1} = 4\%$ , второго  $u_{K2} = 5\%$ . Общая мощность нагрузки  $S_\Sigma = 65$  кВ·А. Определите нагрузку каждого трансформатора. Соотношение активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания трансформаторов считать одинаковыми. Намагничивающими токами пренебречь.

## В а р и а н т 4

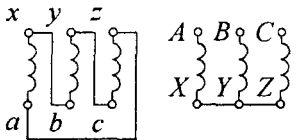
1 Трансформатор со следующими данными: первичное напряжение  $U_{1H} = 220$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 24$  В, число витков первичной обмотки  $w_1 = 780$ , вторичной –  $w_2 = 85$ , необходимо включить в сеть с первичным напряжением  $U_1 = 380$  В. Выходное напряжение  $U_2$  должно остаться прежним. Как следует изменить число витков обмоток (перемотать трансформатор) при неизменной максимальной индукции  $B_m$  в магнитопроводе?

2 Определите коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K}$  в режиме холостого хода однофазного трансформатора. Число витков первичной обмотки  $w_1 = 827$ . Первичное напряжение  $U_{1H} = 10$  кВ. Магнитопровод изготовлен из листовой электротехнической стали 3413 с удельными потерями  $p_{10/50} = 0,6$  Вт/кг. Кривая намагничивания стали приведена в табл. III. Средняя длина силовой линии  $l_{CP} = 2,95$  м, актив-

ное сечение стали магнитопровода  $P_C = 363 \text{ см}^2$ , масса магнитопровода  $m = 800 \text{ кг}$  Падением напряжения в первичной обмотке и немагнитными зазорами в стыках пренебречь

3 Число витков обмоток на одном стержне трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 840$ ,  $w_2 = 914$  Активное сечение стали стержня  $P_C = 657 \text{ см}^2$ , амплитуда индукции в стержне  $B_C = 1,65 \text{ Тл}$  Линейные напряжения обмоток  $U_{1\text{нл}} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2\text{нл}} = 22 \text{ кВ}$  Определите схемы соединения первичной и вторичной обмоток

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите индуктивное сопротивление взаимной индукции первичной и вторичной обмоток трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1\text{нл}} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2\text{нл}} = 3,15 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ В режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении определены потребляемая активная мощность  $P_{\text{лх}} = 2,5 \text{ кВт}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{лх}} = 0,12$  Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Рассчитайте и начертите внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора  $S_H = 10 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1\text{нл}} = 0,66 \text{ кВ}$ ,  $U_{2\text{нл}} = 0,23 \text{ кВ}$  Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда Напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,5 \%$  Активные сопротивления обмоток трансформатора  $r_1 = r_2' = 0,61 \text{ Ом}$

7 Определите номинальный и максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_{\text{лх}} = 2,8 \text{ кВт}$ , потери короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{\text{кз}} = 16,3 \text{ кВт}$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Добавочными потерями мощности в трансформаторе пренебречь

8 Три трехфазных трансформатора с номинальными мощностями  $S_{H1} = 160 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $S_{H2} = 250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $S_{H3} = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  и соединением об-

моток  $\Delta/Y_H-11$  включены параллельно в сеть с номинальными напряжениями  $U_{1HL}=6$  кВ,  $U_{2HL}=0,4$  кВ. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1}=4,1\%$ ,  $u_{K2}=4,4\%$ ,  $u_{K3}=4,7\%$ . Определите наибольшую суммарную мощность нагрузки, при которой не будет перегружен ни один из параллельно работающих трансформаторов. Токами холостого хода трансформаторов пренебречь.

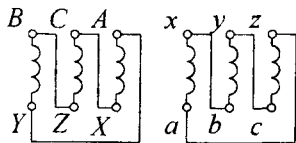
### В а р и а н т 5

1 Определите число витков  $w_2$  вторичной обмотки трансформатора при котором вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_2 = E_2 = 6,3$  В. Первичное напряжение  $U_1 = 220$  В, число витков в первичной обмотке  $w_1 = 1080$ . Током холостого хода пренебречь.

2 Активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_C = 233$  см<sup>2</sup>. Материал магнитопровода – электротехническая сталь 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. При номинальном первичном напряжении амплитуда магнитного потока в магнитопроводе трансформатора  $\Phi_m = 3,61 \cdot 10^{-2}$  Вб. Во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока, если первичное напряжение увеличится в 1,15 раза? Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь.

3 Первичная обмотка трехфазного трансформатора рассчитана на линейное напряжение  $U_{1HL} = 10,5$  кВ. Обмотки трансформатора соединены: первичная – в треугольник, вторичная – в звезду. Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 0,165$ . Определите линейные и фазные напряжения первичной и вторичной обмоток.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Определите индуктивные сопротивления рассеяния (неприведенные) первичной и вторичной обмоток трансформатора со следующими данными:  $S_H = 2500$  кВ·А,  $U_{1HL} = 6$  кВ,  $U_{2HL} = 0,4$  кВ. Схемы соединения обмоток: первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . По результатам

опыта короткого замыкания при номинальных токах обмоток определены потребляемая активная мощность  $P_{1K} = 24,2$  кВт и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,177$ . Током холостого хода трансформатора пренебречь

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$ . Данные трансформатора  $S_H = 63$  кВ А,  $U_{1НГ} = 0,66$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Напряжение короткого замыкания  $u_K = 4,5$  %, коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,333$

7 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 4000$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 3,15$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\chi = 5,3$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах обмоток  $p_{KH} = 33,5$  кВт. Рассчитайте и нарисуйте зависимость КПД от загрузки для значений коэффициента загрузки  $k_z = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,8$

8 Два одинаковых трансформатора с номинальной мощностью  $S_{H1} = S_{H2} = 10$  кВ А включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1НГ} = 0,66$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,23$  кВ. Соединение обмоток трансформаторов первого Δ/Y-11, второго Y/Y-0. Спротивления короткого замыкания (со стороны первичного напряжения)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 0,311$  Ом. Определите величину уравнивающих токов (по отношению к номинальным токам) в обмотках трансформаторов

## В а р и а н т 6

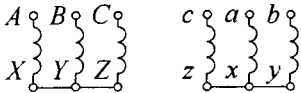
1 Определите число витков  $w_1$  первичной и  $w_2$  вторичной обмоток трансформатора с активным сечением стали магнитопровода  $\Pi_c = 37$  см<sup>2</sup>. Максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,1$  Тл. Первичное напряжение  $U_{1H} = 127$  В, вторичное напряжение при холостом ходе трансформатора  $U_{2H} = E_{2H} = 36$  В

2 Номинальные данные однофазного трансформатора: полная мощность  $S_H = 400$  кВ А, первичное напряжение  $U_{1H} = 10$  кВ. Намаг-

ничающий ток  $i_0 = 2\%$ , потребляемая из сети при холостом ходе активная мощность  $P_{1\lambda} = 0,88$  кВт. Определите активную и реактивную составляющие намагничивающего тока. Потерями мощности в первичной обмотке пренебречь.

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 289$  кВ,  $U_{2H} = 347$  кВ объединены в трехфазную группу. Номинальные линейные напряжения обмоток трехфазного группового трансформатора  $U_{1HL} = 500$  кВ,  $U_{2HT} = 347$  кВ. Определите схемы соединения обмоток и коэффициенты трансформации  $k_{12}$  фазных и линейных напряжений.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Определите параметры намагничивающего контура схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными:  $S_H = 25$  кВ·А,  $U_{1HL} = 0,38$  кВ. Первичная обмотка соединена в звезду. Намагничивающий ток  $i_0 = 4,8\%$ . В режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении измерены потери мощности  $p_\lambda = 180$  Вт. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь.

6 Рассчитайте и начертите внешние характеристики трехфазного трансформатора при работе с двумя значениями коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$  и  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Номинальные данные трансформатора:  $S_H = 400$  кВ·А,  $U_{1HT} = 6$  кВ,  $U_{2HL} = 0,69$  кВ. Схемы соединения обмоток: первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Известны коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1k} = 0,328$  и потери мощности  $p_{KH} = 5,7$  кВт в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках.

7 Рассчитайте и начертите зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора для следующих значений коэффициента загрузки  $k_z = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,85$ . Номинальные данные трансформатора:  $S_H = 250$  кВ·А,  $U_{1HT} = 35$  кВ,  $U_{2HL} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток: первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\lambda = 0,8$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах обмоток  $p_{KH} = 4,1$  кВт. Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Два однофазных трансформатора с одной группой соединения обмоток и напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 10/0,38$  кВ работают параллельно на общую нагрузку. Мощности трансформаторов  $S_{H1} = 40$  кВ А и  $S_{H2} = 25$  кВ А. Коэффициенты трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 25,8$ , второго  $k_{12(2)} = 26,8$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = 55 + j98,1$  Ом,  $Z_{K2} = 96 + j152$  Ом. Токи в первичных обмотках трансформаторов, обусловленные нагрузкой  $\dot{I}_{1(1)} = 3,2 e^{-j38^\circ}$ ,  $\dot{I}_{1(2)} = 2 e^{-j38^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению). Рассчитайте уравнивающие и полные токи в обмотках трансформаторов. Токами холостого хода пренебречь.

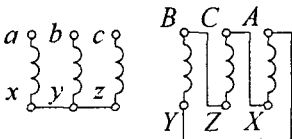
### В а р и а н т 7

1 Определите ЭДС, индуцируемую в одном витке обмоток трансформатора основным магнитным потоком. Сечение магнитопровода  $4 \times 5$  см<sup>2</sup>, коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,91$ , максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,25$  Тл.

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1H} = 127$  В. В первичной обмотке 32 витка. Активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_c = 122$  см<sup>2</sup>. Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. III. Определите, во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится на 20 %. Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь.

3 Номинальное линейное напряжение первичной обмотки трехфазного трансформатора  $U_{1лп} = 10$  кВ. Первичная и вторичная обмотки соединены в звезду. Коэффициент трансформации фазных напряжений трансформатора  $k_{12} = 25$ . Определите линейные и фазные напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Рассчитайте параметры Т-образной схемы замещения трехфазного двухобмоточного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 100000$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 347$  кВ,  $U_{2НЛ} = 24$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $Y_H$ , вторичной –  $\Delta$ . Линейный ток холостого хода при номинальном первичном напряжении  $I_{1\text{хх}} = 5$  А. Линейное напряжение короткого замыкания при токах в обмотках, равных номинальным,  $U_{1кз} = 40$  кВ. Коэффициенты мощности холостого хода  $\cos\varphi_{1\text{х}} = 0,16$ , короткого замыкания  $\cos\varphi_{1к} = 0,0191$ .

6 Рассчитайте внешние характеристики трехфазного трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos\varphi_2 = 0,8$  и  $\cos\varphi_2 = 1$ . Номинальные данные трансформатора  $S_H = 1600$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $Y$ . Индуктивные сопротивления рассеяния обмоток трансформатора  $x_1 = x_2' = 24,5$  Ом. Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $\cos\varphi_{1к} = 0,173$ .

7 Рассчитайте и начертите зависимость КПД трансформатора от загрузки для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,25$  при  $\cos\varphi_2 = 0,9$ . Данные трансформатора приведены в задаче № 5. Добавочные потери мощности не учитывайте.

8 Определите распределение нагрузок между тремя параллельно включенными однофазными трансформаторами с номинальными мощностями  $S_{H1} = 63$  кВ А,  $S_{H2} = 100$  кВ А,  $S_{H3} = 160$  кВ А и напряжениями  $U_{1Н}/U_{2Н} = 660/230$  В. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{к1} = 3,9\%$ ,  $u_{к2} = 4,5\%$ ,  $u_{к3} = 5,3\%$ . Общая мощность нагрузки составляет 85 % от суммарной мощности трансформаторов. Определите коэффициенты загрузки трансформаторов. Разницей активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания и намагничивающими токами трансформаторов пренебречь.

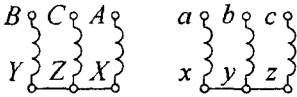
## В а р и а н т 8

1 Определите число витков  $w_2$  вторичной обмотки трансформатора, обеспечивающее при холостом ходе ЭДС вторичной обмотки  $E_2 = 12$  В. Первичное напряжение  $U_{1Н} = 220$  В. Активное сечение стали магнитопровода  $W_c = 31$  см<sup>2</sup>, амплитуда магнитной индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,15$  Тл. Определите коэффициент трансформации. Током холостого хода трансформатора пренебречь.

2. Определите действующие значения активной и реактивной составляющих намагничивающего тока однофазного трансформатора. Магнитопровод намотан из холоднокатаной стальной ленты шириной 70 мм и толщиной 0,27 мм, число витков ленты 188. Средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 81$  см. Удельные магнитные потери в магнитопроводе  $p_{1,0/50} = 0,6$  Вт/кг. Плотность стали 7650 кг/м<sup>3</sup>. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Первичную обмотку трансформатора включают в сеть с номинальным напряжением  $U_{1H} = 660$  В. Число витков первичной обмотки  $w_1 = 558$ . Падением напряжения и потерями мощности в первичной обмотке пренебречь.

3. Номинальное линейное напряжение вторичной обмотки трехфазного трансформатора  $U_{2HL} = 690$  В. Обмотки трансформатора соединены по схемам: первичная –  $\Delta$ ; вторичная –  $Y$ . Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 15$ . Определите фазные и линейные напряжения первичной обмотки трансформатора.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Определите сопротивления главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными:  $S_H = 1000$  кВ·А;  $U_{1HL} = 10$  кВ. Схема соединения первичной обмотки –  $Y$ . Напряжение короткого замыкания  $u_K = 5,5$  %. Потери мощности в режиме короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 11,6$  кВт. Намагничивающим током пренебречь.

6. По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте и начертите внешние характеристики трехфазного трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ ;  $\cos \varphi_2 = 1$

7. Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,85$  для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$ . Данные трансформатора:  $S_H = 1600$  кВ·А;  $U_{1HL} = 10$  кВ;  $U_{2HL} = 0,4$  кВ. Схемы обмоток: первичной –  $\Delta$ ; вторичной –  $Y$ . Потери холостого хода при



номинальном первичном напряжении  $p_X = 2,75$  кВт, потери короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 17,2$  кВт. Начертите график зависимости КПД от загрузки.

8 Три трехфазных трансформатора включены параллельно. Соединение обмоток  $Y/Y_H-11$ , номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = S_{H2} = S_{H3} = 1000$  кВ·А, номинальные напряжения  $U_{1HЛ} = 35$  кВ и  $U_{2HЛ} = 0,69$  кВ. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 7,15\%$ ,  $u_{K2} = 6,5\%$ ,  $u_{K3} = 5,85\%$ . Определите наибольшую суммарную мощность нагрузки, при которой не будет перегружен ни один из параллельно работающих трансформаторов. Токами холостого хода трансформаторов пренебречь.

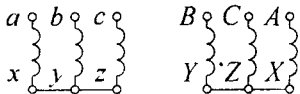
### В а р и а н т 9

1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора. Первичное напряжение  $U_{1H} = 220$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 380$  В, ток вторичной обмотки  $I_{2H} = 1,658$  А. Током холостого хода пренебречь.

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1H} = 10$  кВ. В первичной обмотке 735 витков. Активное сечение стали магнитопровода  $l_C = 388$  см<sup>2</sup>. Магнитопровод изготовлен из листовой электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение возрастет до 11 кВ.

3 Трехфазный трансформатор включен в сеть с напряжением  $U_{1Л} = 20$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$ . Напряжение витка  $U_B = 11,6$  В. Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 1,832$ . Определите число витков  $w_1$  и  $w_2$ , линейные и фазные напряжения первичной и вторичной обмоток.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 160$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 10$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Намагничивающий ток  $i_0 = 2,2$  %, напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,3$  %. Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\lambda = 0,5$  кВт, короткого замыкания при номинальном первичном токе  $p_{KH} = 3$  кВт. Рассчитайте сопротивления Т-образной схемы замещения трансформатора.

6 Используя исходные данные и результаты задачи № 5, рассчитайте и начертите внешние характеристики трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$ .

7 Определите максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 630000$  кВ А, потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\chi = 500$  кВт. Коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . КПД трансформатора достигает максимума при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,62$ . Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Трехфазный потребитель запитан от двух параллельно включенных трансформаторов одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 10$  кВ А с напряжениями  $U_{1НЛ} = 220$  В и  $U_{2НЛ} = 660$  В. Соединение обмоток первого трансформатора  $\Delta/Y-11$ , второго  $\Delta/Y-3$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны НН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 0,653$  Ом. Определите номинальные и уравнильные токи обмоток трансформаторов.

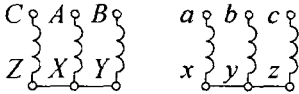
## В а р и а н т 10

1 Рассчитайте число витков  $w_2$  вторичной обмотки трансформатора обеспечивающее при холостом ходе ЭДС вторичной обмотки  $E_2 = 36$  В. Первичное напряжение  $U_1 = 380$  В. Активное сечение стали магнитопровода  $W_c = 43,3$  см<sup>2</sup>. Максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,4$  Тл. Определите коэффициент трансформации.

2 Номинальные данные однофазного трансформатора: первичное напряжение  $U_{1Н} = 6$  кВ, полная мощность  $S_H = 250$  кВ А, намагничивающий ток  $i_0 = 2,3$  %, потребляемая из сети при холостом ходе активная мощность  $P_{1\chi} = 0,88$  кВт. Определите активную и реактивную составляющие намагничивающего тока. Потерями мощности на активном сопротивлении первичной обмотки пренебречь.

3 Три однофазных трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 40 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1H} = 11,55 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H} = 6,06 \text{ кВ}$  объединены в трехфазную группу Первичная и вторичная обмотки группового трехфазного трансформатора соединены в звезду Определите фазные и линейные токи и напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1HЛ} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HЛ} = 3,15 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  По результатам расчета магнитной системы определены магнитные потери  $p_{\text{M}} = 3,7 \text{ кВт}$  и намагничивающий ток  $i_0 = 0,95 \%$  При расчете обмоток определены электрические потери  $p_{\Sigma 1} + p_{\Sigma 2} = 22,5 \text{ кВт}$  и напряжение короткого замыкания  $u_K = 5,6 \%$  Потери мощности даны  $p_M$  при номинальном первичном напряжении,  $p_{\Sigma 1} + p_{\Sigma 2}$  при номинальных токах в обмотках

6 Рассчитайте и начертите внешние характеристики трехфазного трансформатора при работе с двумя значениями коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$  и  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 16 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1HЛ} = 0,66 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HЛ} = 0,23 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y Известны коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,56$  и потери мощности  $p_{KH} = 0,4 \text{ кВт}$  в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках

7 Даны номинальные мощность  $S_H = 160 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и напряжения  $U_{1HЛ} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HЛ} = 0,69 \text{ кВ}$  трехфазного трансформатора со схемами соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y<sub>н</sub>. Параметры Т-образной схемы замещения  $r_1 = r_2' = 222 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = x_2' = 712 \text{ Ом}$ ,  $r_0 = 155 \cdot 10^3 \text{ Ом}$ ,  $x_0 = 944 \cdot 10^3 \text{ Ом}$  Определите максимальный КПД при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два однофазных трансформатора мощностью  $S_{H1} = 63 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и  $S_{H2} = 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  с одинаковым соединением обмоток включены парал-

лельно в сеть с напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 6/0,4$  кВ Коэффициенты трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 15,3$ , второго трансформатора  $k_{12(2)} = 14,7$  Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{k1} = 11,6 + j22,9$  Ом,  $Z_{k2} = 7,1 + j14,6$  Ом Токи в первичных обмотках трансформатора, обусловленные нагрузкой  $\dot{I}_{1(1)} = 8,1 e^{-j38^\circ}$   $\dot{I}_{1(2)} = 12,9 e^{-j38^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению) Рассчитайте уравнивающие токи в обмотках и коэффициенты загрузки трансформаторов без учета токов холостого хода

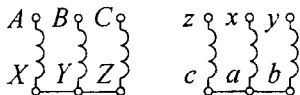
### В а р и а н т 11

1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора, если известны номинальные данные первичное напряжение  $U_{1H} = 380$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 127$  В, ток вторичной обмотки  $I_{2H} = 1,658$  А Потери мощности и током холостого хода пренебречь

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора навит из холоднокатаной стальной ленты шириной 49 мм и толщиной 0,28 мм Число витков ленты 150 Плотность стали  $7600 \text{ кг/м}^3$  Максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,4$  Тл Средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 65$  см Удельные магнитные потери в магнитопроводе  $p_{1,0/s_0} = 0,5$  Вт/кг Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Первичную обмотку трансформатора включают в сеть с напряжением  $U_{1H} = 380$  В Определите действующие значения активной и реактивной составляющих намагничивающего тока Падением напряжения в первичной обмотке пренебречь

3 Первичная обмотка трехфазного трансформатора соединена в звезду Линейные напряжения обмоток  $U_{1H\gamma} = 660$  В,  $U_{2H\gamma} = 230$  В Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 2,865$  Определите схему соединения вторичной обмотки трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 По результатам опыта короткого замыкания трехфазного трансформатора при номинальных токах в обмотках определены потери мощности  $p_{KH} = 165$  кВт и линейное напряжение  $U_{1KL} = 2975$  В. Номинальные данные трансформатора  $S_H = 40000$  кВ А,  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2H1} = 10,5$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Определите параметры главной ветви T-образной схемы замещения. Рассчитайте индуктивное сопротивление рассеяния вторичной обмотки трансформатора. Влиянием намагничивающего контура пренебречь.

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте и начертите внешние характеристики трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 1$  и  $\cos \varphi_2 = 0,8$ .

7 Определите максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными:  $S_H = 1000$  кВ А, потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_{\chi} = 2,2$  кВт, коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . КПД трансформатора достигает максимума при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,444$ . Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Три трансформатора с соединением обмоток Y/Δ–11 и линейными напряжениями  $U_{1HL} = 10$  кВ,  $U_{2HL} = 0,4$  кВ включены параллельно. Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = 2500$  кВ А,  $S_{H2} = 4000$  кВ А,  $S_{H3} = 6300$  кВ А. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 5,5$  %,  $u_{K2} = 6,5$  %,  $u_{K3} = 7,2$  %. Определите распределение нагрузок между трансформаторами при условии, что ни один из них не нагружен выше номинальной мощности (коэффициент загрузки наиболее загруженного трансформатора  $k_3 = 1$ ). Токами холостого хода трансформаторов пренебречь.

## В а р и а н т 12

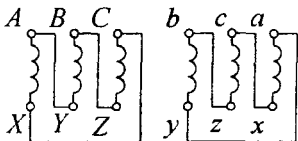
1 Определите номинальный ток  $I_{2H}$  вторичной обмотки однофазного трансформатора с номинальными данными: полная мощность  $S_H = 630$  кВ А, первичное напряжение  $U_{1H} = 380$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 36$  В. Током холостого хода и потерями мощности пренебречь.

2 Определите коэффициент мощности однофазного трансформатора: первичная обмотка которого включена в сеть с напряжением

$U_{1H} = 127 \text{ В}$ , а вторичная обмотка разомкнута. Ток в первичной обмотке  $I_{1H} = 3 \text{ А}$ , потребляемая активная мощность  $P_{1Y} = 50 \text{ Вт}$

3 Число витков обмоток на каждом стержне трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 1585$ ,  $w_2 = 499$ . Номинальные линейные напряжения обмоток  $U_{1HL} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 6,3 \text{ кВ}$ . Частота изменения напряжения  $f_1 = 50 \text{ Гц}$ . Активное сечение стали стержня  $l_c = 209 \text{ см}^2$ , амплитуда индукции в стержне  $B_m = 1,57 \text{ Тл}$ . Определите схемы соединения обмоток трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите сопротивления главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными:  $S_H = 125000 \text{ кВ·А}$ ,  $U_{1HL} = 10,5 \text{ кВ}$ . Схема соединения первичной обмотки – Y. Потери мощности в режиме короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 400 \text{ кВт}$ . Напряжение короткого замыкания  $u_K = 10,5 \%$ . Намагничивающим током пренебречь.

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте и начертите внешнюю характеристику трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,85$ . Вторичное напряжение выразить в %

7 Определите наибольший возможный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными:  $S_H = 6300 \text{ кВ·А}$ , потери короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 45,3 \text{ кВт}$ . КПД достигает максимума при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,415$ . Добавочные потери мощности принять равными нулю.

8 Три трехфазных трансформатора с номинальными напряжениями  $U_{1H1} = 13,8 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 242 \text{ кВ}$  и соединением обмоток  $\Delta/Y_H - 11$  включены параллельно. Мощности трансформаторов  $S_{H1} = 80000 \text{ кВ·А}$ ,  $S_{H2} = 125000 \text{ кВ·А}$ ,  $S_{H3} = 200000 \text{ кВ·А}$ . Напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = 10,8 \%$ ,  $u_{K2} = 10 \%$ ,  $u_{K3} = 11,6 \%$ . Определите наибольшую

суммарную мощность нагрузки, при которой не будет перегружен ни один из параллельно работающих трансформаторов Токами холостого хода трансформаторов пренебречь

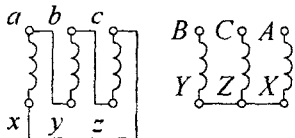
### В а р и а н т 13

1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора, если известны номинальные данные первичное напряжение  $U_{1H} = 127$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 220$  В, ток вторичной обмотки  $I_{2H} = 0,957$  А Потерями мощности и током холостого хода трансформатора пренебречь

2 Определите активное  $r_{1X}$ , индуктивное  $x_{1X}$  и полное  $Z_{1X}$  сопротивление первичной обмотки при холостом ходе однофазного трансформатора со следующими данными первичное напряжение  $U_{1H} = 6000$  В, полная мощность  $S_H = 25$  кВ·А, намагничивающий ток  $i_0 = 3,8$  %, потребляемая из сети активная мощность  $P_{1X} = 0,11$  кВт

3 Трехфазный групповой трансформатор собран из трех однофазных трансформаторов с номинальными данными  $S_H = 100$  кВ А,  $U_{1HT} = 3,64$  кВ,  $U_{2HT} = 0,23$  кВ Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Определите линейные и фазные токи и напряжения первичной и вторичной обмоток

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Рассчитайте сопротивления главной ветви T-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 80000$  кВ·А,  $U_{1HT} = 35$  кВ,  $U_{2HT} = 10,5$  кВ Обмотки соединены по схемам первичная – Y, вторичной –  $\Delta$ . Из опыта короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке определены напряжение короткого замыкания  $u_k = 9,5$  %, потери мощности  $p_{KH} = 280$  кВт

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте и начертите внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$

7 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1НЛ} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 0,69 \text{ кВ}$ . Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда. Сопротивления короткого замыкания трансформатора  $r_K = 1,9 \text{ Ом}$ ,  $x_K = 8,5 \text{ Ом}$ , сопротивления холостого хода  $x_{1X} = 7890 \text{ Ом}$ ,  $r_{1X} = 824 \text{ Ом}$ . Коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Определите коэффициент загрузки, при котором КПД достигает максимума. Рассчитайте максимальный КПД трансформатора. Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 63 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  с одной группой соединения обмоток и напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 10/0,23 \text{ кВ}$  работают параллельно на общую нагрузку с сопротивлением  $Z_H' = 800 + j600 \text{ Ом}$ . Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 42,6$ , второго  $k_{12(2)} = 44,4$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 32,2 + j63,7 \text{ Ом}$ . Определите уравнивающие токи в обмотках трансформаторов и коэффициенты загрузки трансформаторов. Оцените возможность параллельной работы. Током холостого хода трансформаторов пренебречь.

## В а р и а н т 14

1 Определите номинальный ток  $I_{2H}$  вторичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными: полная мощность  $S_H = 2,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , первичное напряжение  $U_{1H} = 220 \text{ В}$ . Число витков обмоток первичной –  $w_1 = 360$ , вторичной –  $w_2 = 1129$ . Током холостого хода и потерями мощности пренебречь.

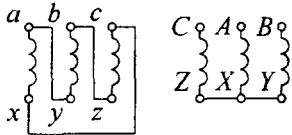
2 Номинальные данные однофазного трансформатора: первичное напряжение  $U_{1H} = 127 \text{ В}$ , частота изменения напряжения  $f_1 = 50 \text{ Гц}$ . Число витков первичной обмотки  $w_1 = 76$ . Активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_C = 52 \text{ см}^2$ . Суммарный немагнитный зазор стыков  $\delta = 0,16 \text{ мм}$ . Средняя длина силовой линии  $l_{CP} = 75 \text{ см}$ . Магнитопровод сделан из электротехнической стали 3413 с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$  и плотностью  $7650 \text{ кг/м}^3$ . Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Определите коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1\lambda}$  трансформатора в режиме холостого хода.

3 Число витков в обмотках одного стержня трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 229$ ,  $w_2 = 80$ . Напряжение одного витка



$U_B = 1,66$  В Определите схемы соединения обмоток, обеспечивающие номинальные линейные напряжения  $U_{1НЛ} = 380$  В,  $U_{2НЛ} = 230$  В

- 4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите параметры намагничивающего контура схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 100$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ Первичная обмотка соединена в звезду Намагничивающий ток  $i_0 = 2,6$  % В режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении измерены потери мощности  $p_\lambda = 420$  Вт Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Рассчитайте внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора  $S_H = 630$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 10$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда Активные сопротивления обмоток трансформатора  $r_1 = r_2' = 0,69$  Ом Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1К} = 0,22$

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,85$  для значений коэффициента загрузки  $k_s = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  Данные трансформатора  $S_H = 1600$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 10$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Потери холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\lambda = 2,75$  кВт, потери короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{КЗ} = 17,2$  кВт Начертите график зависимости КПД от загрузки

8 Определите распределение нагрузок между тремя параллельно включенными однофазными трансформаторами с номинальными мощностями  $S_{H1} = 10$  кВ·А,  $S_{H2} = 16$  кВ·А,  $S_{H3} = 25$  кВ·А и напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 380/230$  В Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 4,05$  %,  $u_{K2} = 4,5$  %,  $u_{K3} = 4,95$  % Общая мощность нагрузки составляет 90 % от суммарной мощности трансформаторов Разницей активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания и намагничивающим током пренебречь

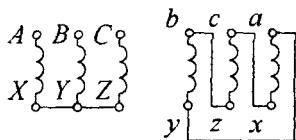
## В а р и а н т 15

1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными: полная мощность  $S_H = 400$  В А, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 12$  В. Число витков первичной обмотки  $w_1 = 367$ , вторичной  $w_2 = 20$ . Током холостого хода и потерями мощности пренебречь.

2 Магнитопровод трансформатора изготовлен из электротехнической стали с кривой намагничивания, приведенной в табл. III. Активное сечение стали магнитопровода  $l_c = 456$  см<sup>2</sup>. В режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении амплитуда магнитного потока в магнитопроводе  $\Phi_m = 7,387 \cdot 10^{-2}$  Вб. Определите, как изменится амплитуда намагничивающего тока  $I_{0pm}$  при снижении частоты сети на 15 %. Потерями мощности пренебречь.

3 Трехфазный групповой трансформатор собран из трех однофазных трансформаторов со следующими номинальными данными:  $S_H = 25$  кВ А,  $U_{1H} = 6,06$  кВ,  $U_{2H} = 0,23$  кВ. Обмотки трансформатора соединены по схеме Y. Определите линейные и фазные токи и напряжения первичной и вторичной обмоток.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Рассчитайте параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными:  $S_H = 400$  кВ А,  $U_{1H\Gamma} = 35$  кВ,  $U_{2H\Gamma} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y. Линейный ток холостого хода при номинальном первичном напряжении  $I_{1\Gamma} = 0,139$  А. Линейное напряжение короткого замыкания  $U_{1кз} = 2,275$  кВ. Коэффициент мощности холостого хода  $\cos \varphi_{1\Gamma} = 0,1424$ , короткого замыкания  $\cos \varphi_{1к} = 0,227$ .

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте и начертите внешние характеристики трехфазного трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$ .

7 При номинальной нагрузке трансформатора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ , потребляемая из сети активная мощность  $P_{1H} = 513,8$  кВт, отдаваемая в нагрузку активная мощность  $P_{2H} = 504$  кВт КПД трансформатора максимален при коэффициенте загрузки  $k_{j\max} = 0,4$  Определите потери холостого хода  $p_x$ , короткого замыкания  $p_{KH}$  и максимальный КПД трансформатора

8 Два трансформатора с соединением обмоток  $Y_H/\Delta$  -11 включены параллельно Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = S_{H2} = 25000$  кВ·А, линейные напряжения обмоток  $U_{1HL} = 15,75$  кВ и  $U_{2HL} = 242$  кВ Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{k1} = 10,5$  %,  $u_{k2} = 11,5$  % Определите наибольшую суммарную мощность нагрузки, при которой не будет перегружен ни один из параллельно работающих трансформаторов Токами холостого хода трансформаторов пренебречь

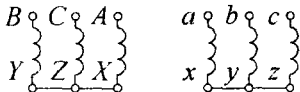
### В а р и а н т 16

1 Определите число витков  $w_2$  вторичной обмотки трансформатора с вторичным напряжением холостого хода  $U_{2H} = 127$  В. Первичное напряжение  $U_{1H} = 380$  В, число витков первичной обмотки  $w_1 = 329$  Током холостого хода трансформатора пренебречь

2 Определите угол  $\varphi_{1x}$  между первичным напряжением и током холостого хода однофазного трансформатора со следующими номинальными данными. полная мощность  $S_H = 100$  кВ·А, первичное напряжение  $U_{1H} = 10$  кВ Ток холостого хода  $i_{1x} \approx i_0 = 2,5$  %, потребляемая из сети активная мощность  $P_{1x} = 0,34$  кВт

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 220$  В,  $U_{2H} = 36$  В используют для трансформации трехфазных токов Схемы соединения обмоток первичных – Y, вторичных –  $\Delta$  Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1HL}$ ,  $U_{2HL}$  и коэффициенты трансформации  $k_{12}$  фазных и  $k_{12,7}$  линейных напряжений трехфазного группового трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток



5 Определите параметры главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 100$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ Напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,5$  % Потери мощности в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 1,97$  кВт Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда Током холостого хода пренебречь

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трансформатора при номинальной нагрузке с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора приведены в задаче № 5

7 Определите коэффициент загрузки  $k_{3\max}$ , при котором КПД трехфазного трансформатора достигает максимума Данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Сопротивления Т-образной схемы замещения трансформатора  $r_0 = 1150$  Ом,  $x_0 = 7600$  Ом,  $r_1 = r_2' = 0,66$  Ом,  $x_1 = x_2' = 2,9$  Ом Рассчитайте максимальный КПД трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_{2H} = 0,8$

8 Два одинаковых трансформатора с напряжениями короткого замыкания  $u_{kA1} = u_{kA2} = 2,2$  % и  $u_{kP1} = u_{kP2} = 3,92$  % включены параллельно и работают в режиме холостого хода Соединение обмоток первого трансформатора  $Y/Y_H - 0$ , второго  $\Delta/Y_H - 11$  Определите токи в обмотках трансформаторов (по отношению к номинальным токам) и оцените возможность работы трансформаторов Током холостого хода трансформаторов пренебречь

### В а р и а н т 17

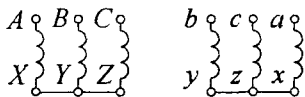
1 Номинальные напряжения обмоток однофазного трансформатора первичное  $U_{1H} = 127$  В, напряжение  $U_{2H} = 220$  В Частота изменения напряжения  $f_1 = 50$  Гц Активное сечение стали магнитопровода  $12 \text{ см}^2$  Число витков первичной обмотки  $w_1 = 560$  Определите максимальную индукцию в магнитопроводе в режиме холостого хода при включении первичной обмотки в сеть частотой  $f_1 = 60$  Гц с напряжением  $U_1 = 127$  В Током холостого хода пренебречь

2 Определите активное  $r_{1X}$ , индуктивное  $x_{1X}$  и полное  $Z_{1X}$  сопротивления первичной обмотки однофазного трансформатора при хо-

лостом ходе Число витков первичной обмотки  $w_1 = 285$ , номинальное напряжение  $U_{1H} = 660$  В Размеры магнитопровода сечение стали  $\Pi_C = 70 \text{ см}^2$ , длина средней силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 86$  см Суммарный немагнитный зазор всех стыков  $\Sigma\delta = 0,2$  мм Материал магнитопровода – электротехническая сталь 3413 с плотностью  $7650 \text{ кг/м}^3$  и удельными потерями мощности  $p_{1,0/50} = 0,8 \text{ Вт/кг}$  Кривая намагничивания приведена в табл III

3 Известны номинальные данные однофазного трансформатора  $S_H = 25 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1H} = 0,66 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H} = 0,133 \text{ кВ}$  Трансформаторы соединены в трехфазную группу со схемами соединения обмоток первичных –  $\Delta$ , вторичных –  $Y$  Определите линейные и фазные напряжения и токи первичной и вторичной обмоток группового трехфазного трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите параметры главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 160 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1HL} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,69 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,5 \%$ , потери мощности при номинальном токе в режиме короткого замыкания  $p_{KH} = 3,1 \text{ кВт}$  Влиянием намагничивающего контура схемы замещения трансформатора пренебречь

6 Определите, на сколько процентов изменится вторичное напряжение трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке с коэффициентом мощности  $\cos\varphi_2 = 0,8$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1HL} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,4 \text{ кВ}$  Первичная и вторичная обмотки трансформатора соединены в звезду Напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,5 \%$ , активная составляющая этого напряжения  $u_{kA} = 1,48 \%$

7 Определите максимальный и номинальный КПД трансформатора с числом фаз  $m_1 = 3$  и номинальными данными  $S_H = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1HL} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 6,3 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной –  $Y$ , вторич-

ной –  $\Delta$  Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\lambda = 3,7$  кВт, короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 22,7$  кВт Трансформатор работает с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$

8 Три трансформатора с соединением обмоток Y/Y<sub>H</sub>-11 и мощностями  $S_{H1} = 1000$  кВ·А,  $S_{H2} = 1600$  кВ·А,  $S_{H3} = 2500$  кВ·А включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H1} = 10$  кВ и  $U_{2H1} = 0,4$  кВ Общая мощность нагрузки  $S_\Sigma = 5100$  кВ·А Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 5,5$  %,  $u_{K2} = 4,5$  %,  $u_{K3} = 6,5$  % Определите номинальные токи трансформаторов, полный ток нагрузки и распределение токов между трансформаторами Разницей активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания и намагничивающими токами трансформаторов пренебречь

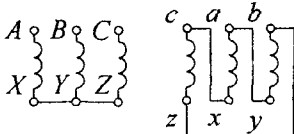
### В а р и а н т 18

1 Определите число витков  $w_2$  вторичной обмотки трансформатора, при котором вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_2 = E_2 = 6,3$  В Первичное напряжение  $U_1 = 220$  В, число витков первичной обмотки  $w_1 = 1080$  Током холостого хода пренебречь

2 Первичная обмотка однофазного трансформатора включена на напряжение  $U_1 = 660$  В, вторичная обмотка разомкнута В режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении из сети потребляется полная мощность  $S_{LX} = 1200$  В·А, при этом коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1X} = 0,15$  Определите действующие значения активной и реактивной составляющих тока холостого хода

3 Число витков обмоток трехфазного стержневого трансформатора первичной  $w_1 = 385$ , вторичной  $w_2 = 1554$  Активное сечение стали стержня  $l_c = 233$  см<sup>2</sup>, индукция в стержне  $B_c = 1,58$  Тл Трансформатор включают на напряжения сети  $U_{1л} = 3,15$  кВ,  $U_{2л} = 22$  кВ Определите, по какой схеме соединены обмотки трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1НТ} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 0,69 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Из опыта короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке определены потери мощности  $p_{KH} = 4,2 \text{ кВт}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,258$  Определите параметры главной ветви Т-образной схемы замещения Током холостого хода трансформатора пренебречь

6 На сколько процентов изменится вторичное напряжение трехфазного трансформатора при переходе от холостого хода к номинальной нагрузке с неизменным коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора  $S_H = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , активная составляющая напряжения короткого замыкания  $u_{K\Delta} = 0,94 \%$  Коэффициент мощности трансформатора в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,145$

7 Определите максимальный и номинальный КПД трехфазного трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , постоянные потери мощности при номинальном напряжении первичной обмотки  $p_1 = 2,7 \text{ кВт}$ , переменные потери мощности при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 18,8 \text{ кВт}$  Добавочными потерями пренебречь

8 Два однофазных трансформатора с одинаковыми соединением обмоток и мощностью  $S_{H1} = S_{H2} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  параллельно включены на напряжения  $U_{1H} = 35 \text{ кВ}$  и  $U_{2H} = 0,4 \text{ кВ}$  Коэффициенты трансформации трансформаторов первого  $k_{12(1)} = 86$ , второго  $k_{12(2)} = 89$  Сопротивления короткого замыкания трансформаторов (со стороны ВН)  $Z_{K1} = 24,4 + j128 \text{ Ом}$ ,  $Z_{K2} = 25 + j120 \text{ Ом}$  Определите номинальные и уравнивающие токи в обмотках трансформаторов

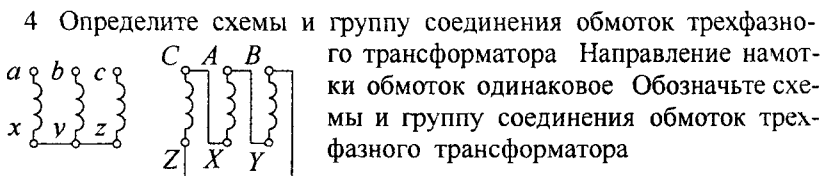
## В а р и а н т 19

1 Известны номинальные мощность  $S_H = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  и вторичное напряжение  $U_{2H} = 0,69 \text{ кВ}$  однофазного трансформатора Число витков обмоток первичной  $w_1 = 1176$ , вторичной  $w_2 = 135$  Определите МДС первичной обмотки без учета тока холостого хода

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора изготовлен из электротехнической стали 3413 с четырьмя прямыми стыками пластин Длина немагнитного зазора в стыке  $\delta = 0,07 \text{ мм}$  Се-

чение магнитопровода  $5,5 \times 6,0 \text{ см}^2$ , коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,93$  Средняя длина силовой линии  $l_{cp} = 48 \text{ см}$  Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Первичная обмотка с числом витков  $w_1 = 290$  включается на напряжение  $U_{1H} = 220 \text{ В}$  Определите амплитудное и действующее значения реактивной составляющей намагничивающего тока трансформатора

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 20210 \text{ В}$  и  $U_{2H} = 6062 \text{ В}$  используют для трансформации трехфазных токов Первичная и вторичная обмотки соединены в звезду Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1HL}$ ,  $U_{2HL}$  и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений



5 Определите параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1HL} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,4 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  По результатам опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены линейный ток  $I_{1\chiЛ} = 0,808 \text{ А}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1\chi} = 0,15$  По результатам опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках определены линейное напряжение короткого замыкания  $U_{1\kappaЛ} = 550 \text{ В}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1\kappa} = 0,222$

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте внешние характеристики трансформатора при работе с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора с номинальной мощностью  $S_H = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,9$  Потери мощности короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 16,2 \text{ кВт}$ , холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_\lambda = 3 \text{ кВт}$  Начертите график этой зависимости



8 Три трансформатора с соединением обмоток  $Y_H/\Delta$ –11 включены параллельно. Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = S_{H2} = S_{H3} = 80000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , номинальные напряжения  $U_{1НЛ} = 13,8 \text{ кВ}$  и  $U_{2НЛ} = 121 \text{ кВ}$ . Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{k1} = 9,5 \%$ ,  $u_{k2} = 10,5 \%$ ,  $u_{k3} = 11,5 \%$ . Общая мощность нагрузки  $S_{\Sigma} = 240000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Определите коэффициенты загрузки трансформаторов. Намагничивающими токами трансформаторов пренебречь.

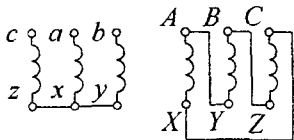
### В а р и а н т 20

1 В режиме номинальной нагрузки однофазного трансформатора мощностью  $S_H = 1000 \text{ В}\cdot\text{А}$  определены токи первичной и вторичной обмоток  $\dot{I}_1 = 2,7e^{-j10^\circ} \text{ А}$ ,  $\dot{I}_2 = 27,6e^{-j183^\circ} \text{ А}$ , (фаза токов задана по отношению к первичному напряжению). Число витков обмоток первичной  $w_1 = 427$ , вторичной  $w_2 = 41$ . Определите результирующую МДС  $F_0$  трансформатора.

2 Определите активную составляющую тока холостого хода однофазного трансформатора, включаемого в сеть с первичным напряжением  $10000 \text{ В}$ . Магнитопровод изготовлен из электротехнической листовой стали 3413 с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$ . Масса стали стержней  $m_c = 850 \text{ кг}$ ; масса стали ярем  $m_{\text{я}} = 600 \text{ кг}$ . Амплитуда индукции в стержнях  $B_c = 1,53 \text{ Тл}$ , в ярмах  $B_{\text{я}} = 1,46 \text{ Тл}$ .

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями  $U_{1Н} = 3640 \text{ В}$ ,  $U_{2Н} = 400 \text{ В}$  объединены в трехфазную группу для работы в сети с напряжениями  $U_{1НЛ} = 6,3 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 0,69 \text{ кВ}$ . Определите коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений и схему соединения обмоток трансформатора.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1НЛ} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 0,4 \text{ кВ}$ ,  $S_H = 1600 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Схема соединения обмоток звезда. По данным опыта холостого хода при номинальном

первичном напряжении определены полная мощность  $S_{1X} = 22,4 \text{ кВ А}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1Y} = 0,138$  По данным опыта короткого замыкания при токе короткого замыкания, равном номинальному, определены полная мощность  $S_{1K} = 104 \text{ кВ А}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,173$  Определите сопротивления Т-образной схемы замещения трансформатора

6 Рассчитайте внешние характеристики трехфазного трансформатора для режимов работы с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Используйте для этого исходные данные и результаты решения задачи № 5 Начертите графики внешних характеристик

7 Определите номинальный КПД трехфазного трансформатора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,85$  Данные трансформатора  $U_{1НЛ} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 0,4 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Y Номинальный линейный ток первичной обмотки  $I_{1НЛ} = 61,63 \text{ А}$  Линейный ток холостого хода при номинальном первичном напряжении  $I_{1\text{хх}} = 1,2 \text{ А}$  Сопротивление намагничивающего контура Т-образной схемы замещения  $r_0 = 303 \text{ Ом}$  сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,333 \text{ Ом}$

8 Определите уравнивающие токи в обмотках двух параллельно включенных трансформаторов одинаковой номинальной мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 250 \text{ кВ А}$  Первичные обмотки включены в сеть с напряжением  $U_{1НЛ} = 35 \text{ кВ}$ , вторичные в сеть с  $U_{2НЛ} = 10,5 \text{ кВ}$  Соединение обмоток трансформаторов первого  $\Delta / Z_H - 11$ , второго Y / Y<sub>H</sub> - 0 Напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = 6,7 \%$ ,  $u_{K2} = 6,2 \%$

## В а р и а н т 21

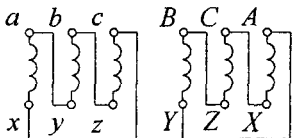
1 Число витков обмоток трансформатора первичной  $w_1 = 206$ , вторичной  $w_2 = 45$  Активное сечение стали магнитопровода  $40 \text{ см}^2$  Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,2 \text{ Тл}$  Определите действующие и амплитудные значения ЭДС взаимной индукции обмоток

2 Определите коэффициент мощности в режиме холостого хода  $\cos \varphi_{1\text{х}}$  однофазного трансформатора Номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1Н} = 220 \text{ В}$ , в первичной обмотке 150 витков Магнитопровод изготовлен из электротехнической листовой стали 3413

с плотностью  $7600 \text{ кг/м}^3$  и удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$ . Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Размеры магнитопровода: активное сечение стали  $l_c = 50 \text{ см}^2$ , средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{cp} = 60 \text{ см}$ . Падением напряжения в первичной обмотке пренебречь.

3. Трехфазный групповой трансформатор собран из трех однофазных с номинальными мощностью  $S_H = 250 \text{ кВ·А}$  и напряжениями  $U_{1H} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HЛ} = 0,23 \text{ кВ}$ . Первичная обмотка соединена в  $\Delta$ , вторичная в  $Y$ . Определите линейные и фазные напряжения первичной и вторичной обмоток.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Определите параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 1000 \text{ кВ·А}$  и напряжениями обмоток  $U_{1HЛ} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HT} = 10,5 \text{ кВ}$ . Схемы соединения обмоток: первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$ . По данным опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1Х} = 0,157$  и потребляемая активная мощность  $p_{1Х} = 2,35 \text{ кВт}$ . По данным опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках определены потребляемая активная мощность  $p_{1К} = 11,6 \text{ кВт}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1К} = 0,178$ .

6. Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте внешние характеристики трансформатора для режимов работы с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ .

7. Рассчитайте номинальный КПД трехфазного трансформатора при работе с  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Известны номинальные данные трансформатора:  $S_H = 400 \text{ кВ·А}$ ,  $U_{1HT} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HT} = 0,4 \text{ кВ}$ . Схемы соединения обмоток: первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$ . Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 20,2 \text{ Ом}$ . Магнитные потери мощности  $p_M = 1,2 \text{ кВт}$ .

8. Три трехфазных трансформатора с соединением фаз  $Y/\Delta$  -11 включены параллельно. Номинальные мощности трансформаторов

$S_{H1} = S_{H2} = S_{H3} = 4000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , номинальные напряжения  $U_{1НЛ} = 35 \text{ кВ}$  и  $U_{2НЛ} = 6,3 \text{ кВ}$  Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 6,5 \%$ ,  $u_{K2} = 7,5 \%$ ,  $u_{K3} = 8,25 \%$  Определите распределение нагрузок между трансформаторами при условии, что ни один из них не нагружен выше номинальной мощности (коэффициент загрузки наиболее загруженного трансформатора  $k_3 = 1$ ) Токами холостого хода трансформаторов пренебречь

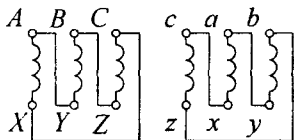
## В а р и а н т 22

1 Определите номинальный ток  $I_{2H}$  вторичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными полная мощность  $S_H = 400 \text{ В} \cdot \text{А}$ , первичное напряжение  $U_{1H} = 220 \text{ В}$ , вторичное напряжение  $U_{2H} = 6,3 \text{ В}$  Током холостого хода трансформатора пренебречь

2 Первичная обмотка однофазного трансформатора включена в сеть с напряжением  $U_{1H} = 660 \text{ В}$  В режиме холостого хода ток в первичной обмотке  $I_{1X} = 2,5 \text{ А}$ , потребляемая из сети активная мощность  $P_{1X} = 120 \text{ Вт}$  Определите активное  $r_{1X}$ , индуктивное  $x_{1X}$  и полное  $Z_{1X}$  сопротивление первичной обмотки при холостом ходе

3 Обмотки трехфазного трансформатора соединены первичная по схеме  $Y$ , вторичная –  $\Delta$  Номинальные линейные напряжения обмоток  $U_{1НЛ} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 38,5 \text{ кВ}$  Активное сечение стали магнитопровода  $W_c = 353 \text{ см}^2$ , амплитуда индукции в стержне  $B_m = 1,6 \text{ Тл}$  Определите число витков первичной и вторичной обмоток

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите параметры главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1НЛ} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 10 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $Y$  Напряжение короткого замыкания  $u_K = 6,5 \%$  Коэффициент мощности в режиме короткого

замыкания с номинальным первичным током  $\cos\varphi_{1K} = 0,178$  Влиянием магнитопровода трансформатора пренебречь

6 Определите вторичное напряжение трансформатора в режимах номинальной загрузки с коэффициентами мощности  $\cos\varphi_2 = 0,8$  и  $\cos\varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора приведены в задаче № 5

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos\varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора приведены в задаче № 5 Добавочными потерями мощности пренебречь Потери холостого хода  $p_X = 2,75$  кВт Начертите график зависимости КПД от загрузки

8 Определите уравнивающие токи в обмотках двух параллельно включенных трансформаторов одинаковой номинальной мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 10$  кВ·А Первичные обмотки включены в сеть с напряжением  $U_{1НЛ} = 660$  В, вторичные в сеть с  $U_{2НЛ} = 230$  В Соединение обмоток трансформаторов первого  $\Delta/Y-11$ , второго  $Y/Y-0$  Напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = 4,5\%$ ,  $u_{K2} = 4,2\%$

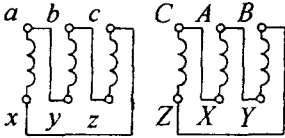
### В а р и а н т 23

1 Определите число витков  $w_1$  первичной обмотки трансформатора, включаемого в сеть с первичным напряжением  $U_{1H} = 220$  В Известно число витков вторичной обмотки  $w_2 = 60$ , вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_{2H} = E_{2H} = 36$  В

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора собран из пластин электротехнической стали шириной 40 мм и толщиной 0,35 мм Число пластин 106 Средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 52$  см Суммарный немагнитный зазор в стыках  $\delta = 0,16$  мм Максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,2$  Тл Плотность стали магнитопровода  $7650$  кг/м<sup>3</sup>, удельные магнитные потери мощности в магнитопроводе  $p_{1,0/50} = 0,6$  Вт/кг Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Первичная обмотка трансформатора предназначена для включения на напряжение  $U_1 = 127$  В Определите действующие значения активной и реактивной составляющих намагничивающего тока Падением напряжения в первичной обмотке пренебречь

3 Число витков в обмотках одной фазы трехфазного трансформатора  $w_1 = 259$ ,  $w_2 = 3284$  Номинальные линейные напряжения обмоток  $U_{1НЛ} = 3$  кВ,  $U_{2НЛ} = 22$  кВ Определите схему соединения обмоток, если известно напряжение одного витка  $U_B = 6,7$  В

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите индуктивные сопротивления рассеяния (неприведенные) первичной и вторичной обмоток трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 1000$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Из опыта короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке определены линейное напряжение  $U_{1КЛ} = 320$  В и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1К} = 0,22$  Током холостого хода трансформатора пренебречь

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трансформатора при номинальной нагрузке с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора приведены в задаче № 5

7 Определите номинальный и максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 250000$  кВ·А, коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,75$ , магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 250$  кВт, электрические потери при номинальных токах в обмотках  $p_{Э1Н} = 285$  кВт,  $p_{Э2Н} = 315$  кВт Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 417000$  кВ А с одинаковым соединением обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1Н} / U_{2Н} = 24 / 303$  кВ Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 12$  %,  $u_{K2} = 14$  % Определите наибольшую суммарную мощность нагрузки, при которой не будет перегружен ни один из параллельно работающих трансформаторов (коэффициент загрузки наиболее загруженного трансформатора  $k_i = 1$ ) Токами холостого хода трансформаторов пренебречь

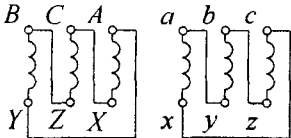
## В а р и а н т 24

1 Номинальные данные трансформатора частота изменения напряжения  $f_1 = 50$  Гц, первичное напряжение  $U_{1H} = 220$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_2 = E_2 = 127$  В Число витков в первичной обмотке  $w_1 = 970$  Активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_C = 8,5 \text{ см}^2$  Определите максимальную индукцию в магнитопроводе при холостом ходе, если первичную обмотку включить в сеть с напряжением  $U_1 = 220$  В и частотой  $f_1' = 60$  Гц Током холостого хода пренебречь

2 Определите активное  $r_{1\lambda}$ , индуктивное  $x_{1\lambda}$  и полное  $Z_{1\lambda}$  сопротивления первичной обмотки однофазного трансформатора при холостом ходе Номинальное первичное напряжение  $U_{1H} = 660$  В Число витков первичной обмотки  $w_1 = 550$  Размеры магнитопровода активное сечение  $\Pi_C = 42 \text{ см}^2$ , средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 55$  см Суммарный зазор всех стыков  $\delta = 0,16$  мм Материал магнитопровода – электротехническая сталь 3413 с плотностью  $7600 \text{ кг/м}^3$  и удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$  Кривая намагничивания стали приведена в табл III Потерями мощности в первичной обмотке пренебречь

3 Трехфазная группа составлена из трех однофазных трансформаторов с номинальными напряжениями первичной и вторичной обмоток  $U_{1H} = 5770$  В,  $U_{2H} = 22230$  В Номинальные линейные напряжения обмоток трехфазного группового трансформатора  $U_{1HL} = 10000$  В,  $U_{2HL} = 38500$  В Определите схему соединения обмоток и коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12}$  трехфазного группового трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 По результатам опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках трехфазного трансформатора определены потребляемая активная мощность  $P_{1K} = 7,4$  кВт и коэффициент мощности

$\cos \varphi_{1k} = 0,186$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 630$  кВ А,  $U_{1НП} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ Схемы обмоток трансформатора первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Определите сопротивления главной ветви T-образной схемы замещения Током холостого хода пренебречь

6 Определите изменение вторичного напряжения при номинальной нагрузке трехфазного трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Известны номинальная полная мощность трансформатора  $S_H = 200000$  кВ А, напряжение короткого замыкания  $u_K = 11$  % и активная составляющая этого напряжения  $u_{KA} = 0,29$  %

7 Определите номинальный и максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,525$  кВ,  $S_H = 1000$  кВ А Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Потери в стали магнитопровода  $p_M = 2,0$  кВт Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,22$  Ом Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 40$  кВ А с одной группой соединения обмоток и напряжениями  $U_{1H} / U_{2H} = 10/0,23$  кВ работают параллельно на общую нагрузку Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 43$ , второго  $k_{12(2)} = 45$  Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 55 + j98$  Ом Определите уравнивающие токи в обмотках трансформаторов Рассчитайте полные токи обмоток, если обусловленные нагрузкой токи в первичных обмотках трансформаторов  $\dot{I}_{1(1)} = \dot{I}_{1(2)} = 3 e^{-j40^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению) Токами холостого хода пренебречь

## В а р и а н т 25

1 Активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_C = 35$  см<sup>2</sup> Число витков обмоток первичной  $w_1 = 362$ , вторичной  $w_2 = 12$  Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,35$  Тл Определите действующее и амплитудное значения ЭДС взаимоиндукции обмоток

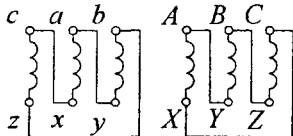
2 Магнитопровод однофазного трансформатора изготовлен из электротехнической стали 3413 Активное сечение стали  $\Pi_C = 162$  см<sup>2</sup>



Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. При включении трансформатора в сеть частотой  $f_1 = 50$  Гц с номинальным первичным напряжением амплитуда магнитного потока в магнитопроводе  $\Phi_m = 2,236 \cdot 10^{-2}$  Вб. Определите, как и во сколько раз изменится амплитуда реактивной составляющей намагничивающего тока при включении трансформатора в сеть частотой  $f_1 = 60$  Гц с номинальным первичным напряжением. Падением напряжения в первичной обмотке трансформатора пренебrecь.

3. Трехфазный групповой трансформатор собран из трех однофазных с номинальными напряжениями  $U_{1H} = 20,21$  кВ,  $U_{2H} = 0,69$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1HL}$ ,  $U_{2HL}$  и коэффициенты трансформации линейных и фазных напряжений.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 10$  кВ·А,  $U_{1HL} = 0,66$  кВ,  $U_{2HL} = 0,23$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y. Из опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках трансформатора измерены потери мощности  $p_{KH} = 280$  Вт и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,622$ . Определите параметры главной ветви T-образной схемы замещения. Током холостого хода трансформатора пренебrecь.

6. Рассчитайте внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Данные трансформатора:  $S_H = 1000000$  кВ·А,  $U_{1H1} = 24$  кВ,  $U_{2HL} = 347$  кВ. Обмотки трансформатора соединены по схемам: первичная –  $\Delta$ , вторичная –  $Y_H$ . Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,0019$  Ом. Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания при номинальном токе  $\cos \varphi_{1K} = 0,0191$ .

7. Рассчитайте и начертите зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  для значений коэффициента загрузки  $k_j = 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,25$ . Данные трансформатора приведе-

ны в задаче № 5 Потери мощности в режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_X = 90$  Вт Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Определите номинальные токи и токи, возникающие при отключенной нагрузке в обмотках параллельно соединенных трансформаторов с мощностями  $S_{H1} = 400$  В·А,  $S_{H2} = 630$  В·А и напряжениями  $U_{1НЛ} = 660$  В,  $U_{2НЛ} = 36$  В Соединение обмоток первого трансформатора  $\Delta/Y$  - 11, второго  $\Delta/Y$  - 5 Составляющие напряжения короткого замыкания первого трансформатора  $u_{KA1} = 4,32\%$  и  $u_{KP1} = 1,26\%$ , второго трансформатора  $u_{KA2} = 4,14\%$  и  $u_{KP2} = 1,76\%$

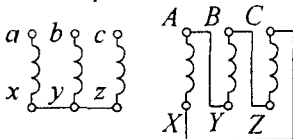
### В а р и а н т 26

1 Данные трансформатора первичное напряжение  $U_{1H} = 127$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 380$  В, число витков первичной обмотки  $w_1 = 664$ , частота напряжения  $f_1 = 50$  Гц, амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,2$  Тл Трансформатор следует включить в сеть частотой  $f_1' = 100$  Гц с первичным напряжением  $U_1 = 127$  В Для уменьшения магнитных потерь максимальную индукцию  $B_m$  целесообразно уменьшить до  $0,7$  Тл Как следует изменить число витков обмоток (перемотать трансформатор), чтобы получить вторичное напряжение при холостом ходе  $U_2 = 48$  В

2 Определите активное  $r_{1\lambda}$ , индуктивное  $x_{1\lambda}$  и полное  $Z_{1\lambda}$  сопротивления первичной обмотки при холостом ходе однофазного трансформатора с номинальными полной мощностью  $S_H = 100$  кВ·А и первичным напряжением  $U_{1H} = 35$  кВ Намагничивающий ток  $i_0 = 2,7\%$ , потребляемая при холостом ходе активная мощность  $P_{1\lambda} = 400$  Вт

3 Число витков обмоток трехфазного трансформатора  $w_1 = 1742$ ,  $w_2 = 523$  Напряжение одного витка  $U_B = 11,6$  В Номинальные линейные напряжения обмоток  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 10,5$  кВ Определите схемы соединения обмоток трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 40 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1НД} = 0,38 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НД} = 0,23 \text{ кВ}$ . Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . В опыте холостого хода при номинальном первичном напряжении измерены линейный ток  $I_{Л1} \approx I_0 = 4 \%$  и потери мощности  $p_X = 0,25 \text{ кВт}$ . Определите параметры намагничивающего контура Т-образной схемы замещения. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь.

6 Определите изменение вторичного напряжения при номинальной нагрузке трехфазного трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Известны номинальная полная мощность трансформатора  $S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , напряжение короткого замыкания  $u_K = 6,5 \%$  и активная составляющая этого напряжения  $u_{KA} = 1,22 \%$ .

7 Определите номинальный и максимальный КПД трансформатора со следующими данными:  $S_H = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , постоянные потери при номинальном первичном напряжении  $p_X = 4,2 \text{ кВт}$ , переменные потери при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 24,3 \text{ кВт}$ , коэффициент мощности вторичной цепи  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Добавочные потери мощности принять равными нулю.

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 40 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  с одинаковым соединением обмоток и напряжениями  $U_{1Н} / U_{2Н} = 10/0,66 \text{ кВ}$  работают параллельно на общую нагрузку. Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 15$ , второго  $k_{12(2)} = 15,45$ . Составляющие напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = 2,2 \%$ ,  $u_{K2} = 3,92 \%$ . Определите уравнивающие токи в обмотках трансформаторов. Рассчитайте полные токи обмоток, если обусловленные нагрузкой токи в первичных обмотках трансформаторов  $\dot{I}_{1(1)} = \dot{I}_{1(2)} = 3 e^{-j40^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению). Токами холостого хода пренебречь.

## В а р и а н т 27

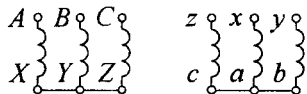
1 Трансформатор со следующими данными: первичное напряжение  $U_{1Н} = 220 \text{ В}$ , вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2Н} = 36 \text{ В}$ , число витков обмоток первичной  $w_1 = 870$ , вторичной  $w_2 = 142$  необходимо включить в сеть с первичным напряжением  $U_1 = 127 \text{ В}$ ,

выходное напряжение  $U_2$  должно остаться прежним. Как следует изменить число витков обмоток (перемотать трансформатор) при неизменной максимальной индукции  $B_m$  в магнитопроводе

2 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  и ток холостого хода  $I_{1\chi} \approx I_0$  однофазного трансформатора со следующими номинальными данными: мощность  $S_H = 400$  кВ·А, первичное напряжение  $U_{1H} = 10$  кВ. Число витков первичной обмотки  $w_1 = 1010$ . Магнитопровод выполнен из электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Удельные потери в стали  $p_{1,0/50} = 0,6$  Вт/кг. Активное сечение стали магнитопровода  $l_c = 288$  см<sup>2</sup>, средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{cp} = 2,7$  м, масса стали магнитопровода  $m = 670$  кг. Немагнитными зазорами в стыках и падением напряжения в первичной обмотке пренебречь.

3 Три однофазных трансформатора с напряжениями обмоток  $U_{1H} = 220$  В,  $U_{2H} = 230$  В объединены в трехфазную группу с номинальными линейными напряжениями  $U_{1HL} = 380$  В,  $U_{1HL} = 230$  В. Определите схемы соединения обмоток группового трансформатора.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Рассчитайте параметры схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 63$  кВ·А и линейными напряжениями  $U_{1HT} = 6$  кВ,  $U_{2HT} = 0,4$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Намагничивающий ток  $i_0 = 2,8$  %, напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,5$  %. Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_X = 240$  Вт, короткого замыкания при номинальном первичном токе  $p_{KH} = 1280$  Вт.

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте и начертите внешние характеристики трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 1$  и  $\cos \varphi_2 = 0,8$ .

7 Определите максимальный КПД трехфазного трансформатора с данными, приведенными в задаче № 5, при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,7$ .

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 533000$  кВ А с одинаковым соединением обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 24/303$  кВ. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 12,5\%$ ,  $u_{K2} = 14,5\%$ . Оцените возможность параллельной работы трансформаторов при суммарной мощности нагрузки  $S_{\Sigma} = 1066000$  кВ А. Если нормальная параллельная работа невозможна, определите максимальную мощность нагрузки, при которой ни один из трансформаторов не будет перегружен.

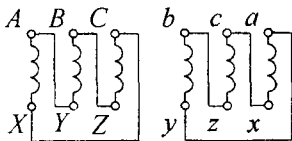
### В а р и а н т 28

1 Определите число витков  $w_2$  вторичной обмотки однофазного трансформатора, при котором вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_{2H} = E_{2H} = 380$  В. Номинальное первичное напряжение  $U_{1H} = 220$  В, число витков первичной обмотки  $w_1 = 190$ .

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора собран из электротехнической стали 3413 с кривой намагничивания, заданной в табл. П1. Площадь сечения активной стали  $P_c = 52$  см<sup>2</sup>. Средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{cp} = 67$  см. Суммарный немагнитный зазор всех стыков  $\delta = 0,24$  мм. Амплитуда индукции в стали магнитопровода  $B_m = 1,4$  Тл. Число витков первичной обмотки  $w_1 = 136$ . Определите амплитуду МДС первичной обмотки и действующее значение намагничивающего тока. Потерями мощности пренебречь.

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 11,55$  кВ,  $U_{2H} = 6,3$  кВ соединены в трехфазную группу. Схемы соединения обмоток первичных – Y, вторичных –  $\Delta$ . Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1ЛТ}$ ,  $U_{2ЛТ}$  и коэффициент трансформации  $k_{1ЛТ}$  линейных напряжений.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Рассчитайте сопротивления Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными:  $U_{1НЛ} = 10$  кВ;  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ;  $S_H = 630$  кВ·А. Схемы обмоток: первичной –  $\Delta$ ; вторичной –  $Y$ . При расчете магнитопровода определены магнитные потери  $p_M = 1310$  Вт. В результате расчета обмоток определены электрические потери при номинальных токах обмоток  $p_{\Sigma 1} + p_{\Sigma 2} = 8500$  Вт. Расчетные намагничивающий ток  $i_0 = 2,0$  % и напряжение короткого замыкания  $u_K = 5,5$  %.

6. Определите вторичное напряжение трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,85$  и нагрузкой 80 %. Данные трансформатора: полная мощность  $S_H = 4000$  кВ·А; линейные напряжения  $U_{1НЛ} = 20$  кВ;  $U_{2НЛ} = 6,3$  кВ. Схемы соединения обмоток: первичной –  $Y$ ; вторичной –  $\Delta$ . Напряжение короткого замыкания  $u_K = 7,5$  %. Потери мощности в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} \approx 33,5$  кВт.

7. Известны номинальные данные трехфазного трансформатора:  $S_H = 63$  кВ·А;  $U_{1НЛ} = 0,66$  кВ;  $U_{2НЛ} = 0,23$  кВ. Обмотки трансформатора соединены: первичная по схеме  $\Delta$ , вторичная по схеме  $Y$ . Сопротивления короткого замыкания  $r_K = 0,359$  Ом;  $x_K = 0,862$  Ом. Магнитные потери  $p_M = 355$  Вт. Коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Определите коэффициент загрузки, при котором КПД трансформатора достигает максимума. Рассчитайте максимальный КПД трансформатора. Добавочными потерями мощности пренебречь.

8. Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 250$  кВ·А с одной группой соединения обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1Н} = 6$  кВ и  $U_{2Н} = 0,4$  кВ. Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 15,3$ ; второго  $k_{12(2)} = 14,7$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 2,13 + j6,12$  Ом. Известны обусловленные нагрузкой токи в первичных обмотках трансформаторов  $\dot{I}_{1(1)} = \dot{I}_{1(2)} = 30 e^{-j38,5^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению). Определите полные токи обмоток трансформаторов. Если один из трансформаторов перегружен, рассчитайте суммарный ток, который можно снять с параллельно работающих трансформаторов, чтобы ни один из них не был перегружен. Токами холостого хода пренебречь.

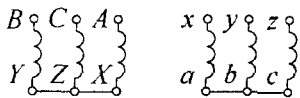
## В а р и а н т 29

1. Рассчитайте число витков первичной  $w_1$  и вторичной  $w_2$  обмоток трансформатора с сечением активной стали  $П_C = 27,3 \text{ см}^2$ . Максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,15 \text{ Тл}$ . Первичное напряжение  $U_{1H} = 220 \text{ В}$ , вторичное при холостом ходе  $U_{2H} = E_{2H} = 24 \text{ В}$ . Частота изменения напряжения  $f_1 = 200 \text{ Гц}$ .

2. Однофазный трансформатор предназначен для включения в сеть с первичным напряжением  $U_{1H} = 5770 \text{ В}$ . Полная мощность трансформатора  $S_H = 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$ . Масса стержней  $m_C = 750 \text{ кг}$ ; масса ярем  $m_Я = 520 \text{ кг}$ . Индукция в стержнях  $B_C = 1,55 \text{ Тл}$ ; в ярмах  $B_Я = 1,47 \text{ Тл}$ . Определите номинальный ток  $I_{1H}$  и активную составляющую тока холостого хода  $I_{0a}$  трансформатора.

3. Трехфазный групповой трансформатор составлен из трех однофазных с номинальными напряжениями первичной и вторичной обмоток  $U_{1H} = 1,732 \text{ кВ}$ ;  $U_{2H} = 0,23 \text{ кВ}$ . Трансформатора включают в трехфазную сеть с напряжениями  $U_{1HL} = 3 \text{ кВ}$ ;  $U_{2HL} = 0,23 \text{ кВ}$ . Определите схему соединения обмоток и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений трансформатора.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Определите параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 630 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и линейными напряжениями  $U_{1HL} = 6 \text{ кВ}$ ;  $U_{2HL} = 0,4 \text{ кВ}$ . Схема соединения обмоток звезда. Из опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены линейный ток холостого хода  $I_{1x7} = 1,21 \text{ А}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1x} = 0,104$ . По данным опыта короткого замыкания при номинальном токе первичной обмотки определены линейное напряжение  $U_{1k7} = 0,33 \text{ кВ}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1k} = 0,219$ .

6 Рассчитайте в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трансформатора при 50 % загрузки для режимов с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  ( $\varphi_2 > 0$ ),  $\cos \varphi_2 = 1,0$ ,  $\cos \varphi_2 = 0,8$  ( $\varphi_2 < 0$ ) Используйте исходные данные и результаты решения задачи № 5

7 Номинальные данные трехфазного двухобмоточного трансформатора  $S_H = 40000 \text{ кВ А}$ ,  $U_{1НЛ} = 15,75 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 347 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y_H$  Сопротивления Т-образной схемы замещения трансформатора  $r_1 = r_2' = 0,00188 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = x_2' = 0,1023 \text{ Ом}$ ,  $r_0 = 106 \text{ Ом}$ ,  $x_0 = 453 \text{ Ом}$  Определите максимальный КПД трансформатора при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Определите токи в обмотках двух одинаковых трансформаторов включенных параллельно и работающих без нагрузки Номинальные данные трансформаторов полная мощность  $S_{H1} = S_{H2} = 1000 \text{ кВ А}$ , напряжения  $U_{1Н1} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2Н1} = 0,4 \text{ кВ}$  Соединение обмоток одного трансформатора  $Y/Y-0$ , другого  $\Delta/Y-11$  Напряжение короткого замыкания  $u_{K1} = u_{K2} = 5,5 \%$  Намагничивающими токами пренебречь

### В а р и а н т 30

1 Определите число витков  $w_1$  первичной обмотки трансформатора, включаемого на напряжение  $U_{1Н} = 36 \text{ В}$  частотой  $f_1 = 400 \text{ Гц}$  Площадь сечения магнитопровода  $3 \times 2 \text{ см}^2$ , коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,93$ , амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 0,8 \text{ Тл}$

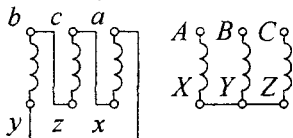
2 Первичная обмотка трансформатора с числом витков  $w_1 = 313$  предназначена для включения в сеть с напряжением  $U_{1Н} = 380 \text{ В}$  Сечение магнитопровода  $6 \times 7 \text{ см}^2$ , коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,93$  Магнитная система зашита с четырьмя прямыми стыками Немагнитный зазор в каждом стыке  $\delta = 0,05 \text{ мм}$  Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали марки 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл III Средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 78 \text{ см}$  Определите амплитудное и действующее значения реактивной составляющей намагничивающего тока трансформатора

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1Н} = 3640 \text{ В}$ ,  $U_{2Н} = 6351 \text{ В}$  используют для трансфор-



мации трехфазных токов Первичная и вторичная обмотки группового трехфазного трансформатора соединены в звезду Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1НЛ}$ ,  $U_{2НЛ}$  и коэффициент трансформации линейных напряжений

- 4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Рассчитайте сопротивления намагничивающего контура схемы замещения трансформатора с данными  $U_{1НЛ} = 20$  кВ,  $U_{2НЛ} = 6,3$  кВ,  $S_H = 4000$  кВ·А Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ По результатам расчета магнитной системы определены при номинальном первичном напряжении магнитные потери  $p_M = 5,5$  кВт и реактивная намагничивающая мощность  $Q_{1Y} = 39$  кВ·Ар

6 Рассчитайте внешние характеристики трехфазного трансформатора при работе с значениями коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 2500$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ Схемы обмоток первичной – Δ, вторичной – Y Напряжение короткого замыкания  $u_k = 5,5$  % Активные сопротивления обмоток  $r_1 = 0,216$  Ом,  $r_2 = 1 \cdot 10^{-3}$  Ом

7 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1НЛ} = 115$  кВ,  $U_{2НЛ} = 38,5$  кВ,  $S_H = 32000$  кВ·А Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ Потери мощности холостого хода при номинальном напряжении  $p_X = 40$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах обмоток  $p_{KH} = 145$  кВт Рассчитайте и начертите зависимость КПД от загрузки для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Добавочными потерями пренебречь

8 Два однофазных трансформатора с номинальными мощностями  $S_{H1} = 1$  кВ·А,  $S_{H2} = 0,63$  кВ·А, напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 380/220$  В и одинаковым соединением обмоток включены параллельно Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{k1} = 3,5$  %,  $u_{k2} = 2,5$  % Какой наибольшей суммарной мощностью можно нагрузить параллельно работающие трансформаторы, чтобы не был перегружен ни один из них? Токами холостого хода трансформаторов пренебречь

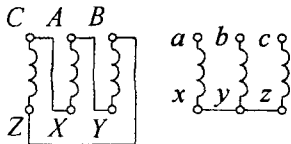
### В а р и а н т 31

1 Определите номинальный ток  $I_{2H}$  вторичной обмотки однофазного трансформатора со следующими данными полная мощность  $S_H = 1 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , первичное напряжение  $U_{1H} = 380 \text{ В}$ , число витков первичной обмотки  $w_1 = 890$ , вторичной обмотки  $w_2 = 297$

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора собран из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали дана в табл П1 Активное сечение стали  $\Pi_C = 61 \text{ см}^2$ , средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $75 \text{ см}$  Суммарный немагнитный зазор стыков магнитопровода  $\delta = 0,3 \text{ мм}$  Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,47 \text{ Тл}$  Число витков первичной обмотки  $w_1 = 191$  Определите амплитуду МДС первичной обмотки и действующее значение тока холостого хода Рассчитайте ЭДС первичной обмотки

3 Номинальные линейные напряжения обмоток трехфазного трансформатора  $U_{1HL} = 0,66 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 3,15 \text{ кВ}$  Обмотки трансформатора соединены по схемам первичная –  $\Delta$ , вторичная –  $Y$  Активное сечение стали стержня  $\Pi_C = 94 \text{ см}^2$ , амплитуда индукции  $B_m = 1,55 \text{ Тл}$  Определите число витков  $w_1, w_2$  первичной и вторичной обмоток и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны данные трехфазного трансформатора  $U_{1HL} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HT} = 3,15 \text{ кВ}$ ,  $S_H = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  Схемы соединения обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$  По результатам расчета магнитной системы определены магнитные потери  $p_M = 3,7 \text{ кВт}$  и намагничивающий ток  $i_0 = 0,95 \%$  При расчете обмоток определены электрические потери в обмотках  $p_{\Sigma 1} + p_{\Sigma 2} = 22,5 \text{ кВт}$  и напряжение короткого замыкания  $u_k = 5,6 \%$  Потери мощности даны  $p_M$  при номинальном первичном напряжении,  $p_{\Sigma 1} + p_{\Sigma 2}$  при номинальных токах в обмотках Определите параметры Т-образной схемы замещения трансформатора

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 определите вторичное напряжение трансформатора в режиме номинальной загрузки с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  ( $\varphi_2 > 0$ ),  $\cos \varphi_2 = 1,0$ ,  $\cos \varphi_2 = 0,8$  ( $\varphi_2 < 0$ )

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Начертите график зависимости Данные трансформатора приведены в задаче № 5 Добавочные потери мощности принять равными нулю

8 Два однофазных трансформатора с одной группой соединения обмоток и мощностями  $S_{H1} = 10 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $S_{H2} = 16 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 220/660 \text{ В}$  Сопротивления короткого замыкания (со стороны НН)  $Z_{K1} = 0,136 + j0,171 \text{ Ом}$ ,  $Z_{K2} = 0,0756 + j0,113 \text{ Ом}$  Определите уравнивающие токи (по отношению к номинальному) в обмотках трансформаторов при коэффициентах трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 0,34$ , второго  $k_{12(2)} = 0,33$  Намагничивающим током пренебречь

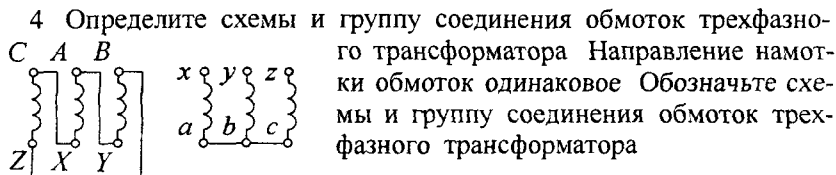
### В а р и а н т 32

1 Определите число витков первичной обмотки трансформатора, включаемого на напряжение  $U_{1H} = 48 \text{ В}$  частотой  $f_1 = 150 \text{ Гц}$  Сечение магнитопровода  $3 \times 2,5 \text{ см}^2$ , коэффициент заполнения сталью  $k_C = 0,92$ , максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,2 \text{ Тл}$

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора изготовлен из электротехнической стали 3413 Сечение активной стали  $P_C = 45 \text{ см}^2$ , средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $70 \text{ см}$  Суммарный зазор всех стыков  $\delta = 0,2 \text{ мм}$  Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,45 \text{ Тл}$  Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 В первичной обмотке трансформатора 88 витков Определите действующее значение намагничивающего тока Потерями мощности в трансформаторе пренебречь

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями  $U_{1H} = 6,3 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H} = 12,7 \text{ кВ}$  используют для трансформации трехфазных токов Схемы обмоток первичной – Δ, вторичной – Y

Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1\text{НЛ}}$ ,  $U_{2\text{НЛ}}$  и коэффициенты трансформации  $k_{12}$  фазных и  $k_{12\text{Л}}$  линейных напряжений



5 По данным опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках трехфазного трансформатора определены напряжение короткого замыкания  $u_K = 13\%$  и потери мощности  $p_{KH} = 600$  кВт. Номинальные данные трансформатора  $U_{1\text{НЛ}} = 20$  кВ,  $U_{2\text{НЛ}} = 525$  кВ,  $S_H = 250000$  кВ·А. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Определите параметры главной ветви T-образной схемы замещения. Рассчитайте действительные (неприведенные) сопротивления  $r_2$ ,  $x_2$ ,  $Z_2$ , при условии, что  $Z_2' = Z_1$ . Намагничивающим током пренебречь.

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$ . Данные трансформатора  $S_H = 250$  кВ·А,  $U_{1\text{НЛ}} = 10$  кВ,  $U_{2\text{НЛ}} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной – Δ, вторичной – Y. Напряжение короткого замыкания  $u_K = 4,5\%$ , коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,373$ .

7 Определите номинальный и максимальный КПД трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 6300$  кВ·А и напряжениями обмоток  $U_{1\text{НЛ}} = 35$  кВ,  $U_{2\text{НЛ}} = 10,5$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 7,8$  кВт. Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,72$  Ом. Коэффициент мощности нагрузки  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Определите распределение нагрузок между двумя параллельно включенными однофазными трансформаторами равной мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 250$  кВ·А с напряжениями  $U_{1\text{Н}} = 6$  кВ и  $U_{2\text{Н}} = 0,4$  кВ. Общая мощность нагрузки составляет 80 % от суммарной мощности трансформаторов. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 4,05\%$ ,  $u_{K2} = 4,95\%$ . Намагничивающим током пренебречь.

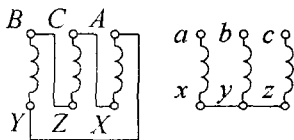
## В а р и а н т 33

1 Номинальные данные трансформатора первичное напряжение  $U_{1H} = 127$ , вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 36$  В, частота изменения напряжения  $f_1 = 50$  Гц Число витков вторичной обмотки трансформатора  $w_2 = 80$ , активное сечение стали магнитопровода  $Л_c = 17 \text{ см}^2$  Определите максимальную индукцию в магнитопроводе при разомкнутой вторичной обмотке и включении первичной обмотки трансформатора в сеть частотой  $f_1 = 100$  Гц с напряжением  $U_1 = 220$  В Током холостого хода пренебречь

2 При номинальном первичном напряжении амплитуда магнитного потока в магнитопроводе  $\Phi_m = 6,578 \cdot 10^{-2}$  Вб Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 с активным сечением стали  $Л_c = 419 \text{ см}^2$  Кривая намагничивания стали задана в табл. П1 Во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится в 1,1 раз Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности в трансформаторе пренебречь

3 Число витков обмоток трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 159$ ,  $w_2 = 100$  Линейные напряжения обмоток  $U_{1HL} = 10$  кВ,  $U_{2HL} = 6,3$  кВ Частота напряжения сети  $f_1 = 50$  Гц Амплитуда индукции в стержне  $B_m = 1,65$  Тл, активное сечение стержня  $Л_c = 989 \text{ см}^2$  Определите схемы соединения обмоток трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 250$  кВ·А,  $U_{1HL} = 10$  кВ,  $U_{2HL} = 0,69$  кВ Схемы обмоток первичной —  $\Delta$ , вторичной —  $Y$  В опыте холостого хода при номинальном первичном напряжении измерены линейный намагничивающий ток  $I_{07} = 2,3$  % и потери мощности  $p_\lambda = 0,74$  кВт Определите параметры намагничивающего контура Т-образной схемы замещения Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Определите изменение вторичного напряжения  $\Delta u$  трехфазного трансформатора в % при 75 % загрузки для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ ,  $\cos \varphi_2 = 1$  Данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 3,15$  кВ Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Известны напряжение короткого замыкания  $u_K = 6,5$  % и его реактивная составляющая  $u_{KP} = 6,4$  %

7 Рассчитайте номинальный КПД трехфазного трансформатора для режимов работы с  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 6300$  кВ·А, постоянные потери при номинальном первичном напряжении  $p_\lambda = 7,7$  кВт, переменные потери при номинальных токах обмоток  $p_{KH} = 46$  кВт Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два однофазных трансформатора включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 6/0,66$  кВ Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = 250$  кВ·А и  $S_{H2} = 160$  кВ·А Коэффициенты трансформации  $k_{12(1)} = 8,9$ ,  $k_{12(2)} = 9,3$  Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = 2,13 + j6,12$  Ом,  $Z_{K2} = 3,73 + j9,41$  Ом Токи в первичных обмотках трансформаторов, обусловленные нагрузкой  $\dot{I}_{1(1)} = 33,3 e^{-j38,5^\circ}$ ,  $\dot{I}_{1(2)} = 21,3 e^{-j38,5^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению) Определите полные токи обмоток трансформаторов Если один из трансформаторов перегружен, рассчитайте суммарный ток, который можно снять с параллельно работающих трансформаторов, чтобы ни один из них не был перегружен Токами холостого хода пренебречь

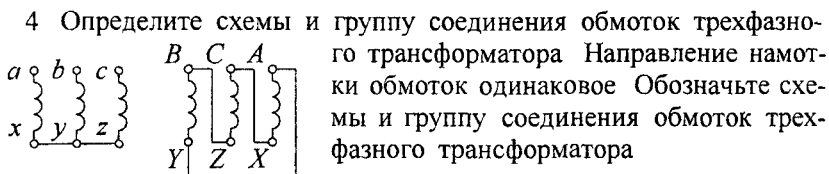
### В а р и а н т 34

1 Активное сечение стали магнитопровода  $P_C = 18$  см<sup>2</sup>, число витков обмоток первичной  $w_1 = 276$ , вторичной  $w_2 = 139$  Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,15$  Тл Определите действующее значение ЭДС обмоток

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1H} = 3460$  В В первичной обмотке 553 витка Активное сечение стали магнитопровода  $P_C = 188$  см<sup>2</sup> Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Определите, во сколько раз изменится амплитуда

намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится на 15 %. Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 220$  В,  $U_{2H} = 110$  В используют для трансформации трехфазных токов. Схемы соединения обмоток первичных –  $\Delta$ , вторичных –  $Y_H$ . Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1H\Gamma}$ ,  $U_{2H\Gamma}$  и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений



5 По данным опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках трехфазного трансформатора определены напряжение короткого замыкания  $u_k = 7,5\%$  и потери мощности  $p_{KH} = 33,5$  кВт. Данные трансформатора:  $S_H = 4000$  кВ·А,  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2HL} = 10,5$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$ . Определите параметры главной ветви Т-образной схемы замещения. Рассчитайте действительные (неприведенные) сопротивления  $r_2$ ,  $x_2$ ,  $Z_2$ , при условии, что  $Z_2' = Z_1$ . Намагничивающим током трансформатора пренебречь

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте внешнюю характеристику трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$

7 Определите максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными:  $S_H = 1600$  кВ·А,  $\cos \varphi_2 = 0,8$ , активная мощность, потребляемая в режиме короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 16,2$  кВт. КПД трансформатора максимален при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,412$ . Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Определите величину уравнивающего тока (по отношению к номинальным токам) при параллельном включении двух трансформаторов одной мощности с соединением обмоток первого  $\Delta/Y-5$ , второго  $Y/Y-6$ . Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{k1} = 4,3\%$ ,  $u_{k2} = 4,6\%$ . Намагничивающим током пренебречь

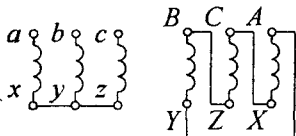
## В а р и а н т 35

1. Определите номинальный ток  $I_{2H}$  вторичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными: полная мощность  $S_H = 1,6$  кВ·А; первичное напряжение  $U_{1H} = 380$  В; вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 36$  В.

2. Определите активное  $r_{1X}$ , индуктивное  $x_{1X}$  и полное  $Z_{1X}$  сопротивления первичной обмотки однофазного трансформатора в режиме холостого хода. Первичную обмотку включают в сеть с напряжением  $U_{1H} = 35$  кВ. Ток в первичной обмотке  $I_{1X} = 0,11$  А; потребляемая из сети активная мощность  $P_{1X} = 620$  Вт.

3. Известны номинальные данные однофазного трансформатора:  $S_H = 6,3$  кВ·А;  $U_{1H} = 0,69$  кВ;  $U_{2H} = 0,22$  кВ. Однофазные трансформаторы соединены в трехфазную группу со схемами соединения обмоток: первичных –  $\Delta$ ; вторичных –  $Y$ . Определите линейные и фазные напряжения и токи первичной и вторичной обмоток.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Известны номинальные данные трансформатора:  $S_H = 63$  кВ·А;  $U_{1HL} = 10$  кВ;  $U_{2HL} = 0,4$  кВ. Схемы обмоток: первичной –  $Y$ ; вторичной –  $Y$ . Напряжение короткого замыкания  $u_K = 4,5$  %. Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,452$ . Определите активные, индуктивные и полные сопротивления обмоток трансформатора, принимая  $Z_1 = Z_2'$ . Током холостого хода трансформатора пренебречь.

6. Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке для двух значений коэффициента мощности:  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Данные трансформатора приведены в задаче № 5.

7. Определите номинальный и максимальный КПД трансформатора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Известны



потери холостого хода  $p_x = 0,265$  кВт. Остальные данные трансформатора приведены в задаче № 5

8 Три трансформатора с соединением обмоток  $\Delta / Z_H - 11$  включены параллельно на напряжения  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2HL} = 10,5$  кВ. Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = S_{H2} = S_{H3} = 250$  кВ·А. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 5,9\%$ ,  $u_{K2} = 6,5\%$ ,  $u_{K3} = 7,2\%$ . Мощность нагрузки составляет 70 % от суммы мощностей трансформаторов. Определите полный ток нагрузки и распределение токов между трансформаторами. Разницей активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания и намагничивающими токами трансформаторов пренебречь.

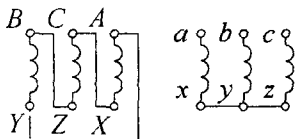
### В а р и а н т 36

1 Определите ЭДС витка, индуцируемую основным магнитным потоком трансформатора. Сечение магнитопровода  $4 \times 5$  см<sup>2</sup>, коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,92$ , амплитуда индукции  $B_m = 1,25$  Тл.

2 Определите коэффициент мощности  $\cos \phi_{LX}$  в режиме холостого хода однофазного трансформатора. Первичную обмотку с числом витков  $w_1 = 1650$  включают в сеть с номинальным напряжением  $U_{1H} = 20$  кВ. Магнитопровод собран из электротехнической стали с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,8$  Вт/кг. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Активное сечение стали магнитопровода  $P_c = 360$  см<sup>2</sup>, средняя длина силовой линии  $l_{CP} = 3,1$  м, масса стали магнитопровода  $m = 950$  кг. Падением напряжения в первичной обмотке и немагнитными зазорами в стыках пренебречь.

3 Число витков обмоток трехфазного стержневого трансформатора первичной  $w_1 = 730$ , вторичной  $w_2 = 244$ . Активное сечение стали стержня  $P_c = 27$  см<sup>2</sup>, индукция в стержне  $B_c = 1,5$  Тл. Трансформатор включают в сеть с напряжениями  $U_{1Л} = 660$  В,  $U_{2Л} = 380$  В. Определите схемы соединения обмоток трансформатора.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Определите параметры главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными:  $S_H = 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ;  $U_{1НЛ} = 6 \text{ кВ}$ ;  $U_{2НЛ} = 0,4 \text{ кВ}$ . Напряжение короткого замыкания  $u_K = 4,5 \%$ . Потери мощности в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 1,97 \text{ кВт}$ . Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда. Током холостого хода пренебречь.

6. Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте и начертите внешние характеристики трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ .

7. Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25$  при работе с  $\cos \varphi_2 = 0,9$ . Номинальная мощность  $S_H = 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Известны потери мощности: магнитные при номинальном первичном напряжении  $p_M = 0,4 \text{ кВт}$ ; электрические при номинальных токах в обмотках  $p_{ЭН} = 2 \text{ кВт}$ . Начертите график зависимости КПД от загрузки.

8. Два трехфазных трансформатора номинальной мощностью  $S_{H1} = S_{H2} = 25 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  включены параллельно в сеть с линейными напряжениями  $U_{1НЛ} = 380 \text{ В}$ ;  $U_{2НЛ} = 220 \text{ В}$ . Схемы и группы соединения обмоток первого трансформатора  $\Delta/Y-11$ , второго  $\Delta/Y-1$ . Составляющие напряжения короткого замыкания первого трансформатора  $u_{K\Delta 1} = 2,14 \%$  и  $u_{KP1} = 3,8 \%$ ; второго трансформатора  $u_{K\Delta 2} = 2,44 \%$  и  $u_{KP2} = 4,0 \%$ . Определите номинальные и уравнильные токи обмоток трансформаторов.

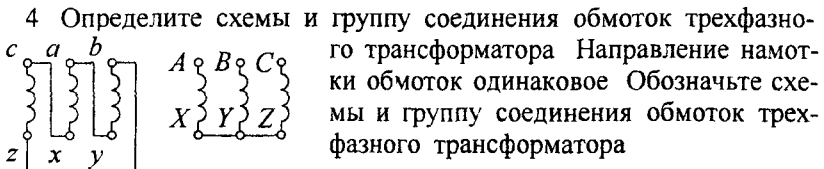
### В а р и а н т 37

1. Рассчитайте число витков  $w_2$  вторичной обмотки трансформатора, при котором ЭДС вторичной обмотки  $E_2 = 64 \text{ В}$ . Первичное напряжение  $U_{1Н} = 220 \text{ В}$ . Активное сечение стали  $l_C = 37,6 \text{ см}^2$ ; амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,3 \text{ Тл}$ . Определите коэффициент трансформации. Током холостого хода пренебречь.

2. Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора собран из электротехнической стали 3413 с четырьмя прямыми стыками пластин. Кривая намагничивания стали приведена в табл. III. Сечение магнитопровода  $8 \times 8 \text{ см}^2$ ; коэффициент заполнения сталью

$k_c = 0,93$  Средняя длина силовой линии  $l_{CP} = 90$  см Немагнитный зазор в стыке  $\delta = 0,1$  мм Первичную обмотку с числом витков  $w_1 = 380$  включают на напряжение  $U_{1H} = 660$  В Определите амплитудное и действующее значения реактивной составляющей намагничивающего тока трансформатора

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 220$  В,  $U_{2H} = 230$  В используют для трансформации трехфазных токов Схемы соединения обмоток первичных – Y, вторичных –  $\Delta$  Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1HL}$ ,  $U_{2HL}$  и коэффициенты трансформации  $k_{12L}$  линейных и  $k_{12}$  фазных напряжений трехфазного группового трансформатора



5 В опыте холостого хода при номинальном первичном напряжении измерены линейный ток холостого хода  $I_{1\text{ХЛ}} = 0,37$  А и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1Y} = 0,8$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 1600$  кВ А,  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2HL} = 10,5$  кВ Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Определите активное, индуктивное и полное сопротивления намагничивающего контура Т-образной схемы замещения трансформатора Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при 80 % загрузки для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 6300$  кВ А,  $U_{1HL} = 10$  кВ,  $U_{2HL} = 10,5$  кВ Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,114$  Потери мощности в режиме короткого замыкания трансформатора при номинальных токах обмоток  $p_{KH} = 46,5$  кВт

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ А,  $U_{1H} = 35$  кВ,  $U_{2H} = 10,5$  кВ Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$

ной –  $\Delta$  Магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 2,3$  кВт Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 7,1$  Ом Начертите график зависимости КПД от загрузки

8 Два однофазных трансформатора мощностью  $S_{H1} = 63$  кВ А и  $S_{H2} = 100$  кВ А с напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 660/230$  В и одинаковым соединением обмоток включены параллельно Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 4,05$  %,  $u_{K2} = 4,95$  % Какой наибольшей суммарной мощностью можно нагрузить параллельно работающие трансформаторы, чтобы не был перегружен ни один из них? Токами холостого хода трансформаторов пренебречь

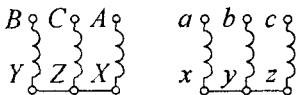
### В а р и а н т 38

1 При номинальной нагрузке однофазного трансформатора известны МДС  $\dot{F}_1 = 28420 e^{-j38,14^\circ}$  А и  $\dot{F}_2 = 27850 e^{-j217^\circ}$  А соответственно первичной и вторичной обмоток, фаза МДС задана по отношению к первичному напряжению В первичной обмотке 2650 витков Определите намагничивающий ток трансформатора

2 Определите активную составляющую тока холостого хода трансформатора, включаемого в сеть с первичным напряжением 35000 В Магнитопровод изготовлен из листов электротехнической стали с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,9$  Вт/кг Масса стали стержней  $m_C = 1084$  кг, масса стали ярем  $m_Y = 890$  кг Индукция в стержнях  $B_C = 1,61$  Тл, в ярмах  $B_Y = 1,56$  Тл

3 Трехфазный групповой трансформатор собран из трех однофазных с номинальными напряжениями первичной и вторичной обмоток  $U_{1H} = 6,3$  кВ,  $U_{2H} = 1,819$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Определите линейные напряжения обмоток трансформатора  $U_{1HЛ}$ ,  $U_{2HЛ}$  и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1НЛ} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 10,5 \text{ кВ}$ . Схемы соединения обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$ . В опыте короткого замыкания при номинальных токах обмоток измерены линейное напряжение короткого замыкания  $U_{1кЛ} = 2,275 \text{ кВ}$  и потери мощности  $p_{кН} = 23,5 \text{ кВт}$ . Определите индуктивные сопротивления рассеяния первичной и приведенной вторичной обмоток трансформатора. Рассчитайте действительное (неприведенное) сопротивление  $x_2$  вторичной обмотки. Ток холостого хода пренебечь.

6 Рассчитайте внешнюю характеристику трансформатора для режима работы с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . При расчете внешней характеристики используйте исходные данные и результаты решения задачи № 5. Начертите внешнюю характеристику.

7 Определите максимальный КПД трехфазного трансформатора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Номинальная полная мощность трансформатора  $S_H = 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , потери холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_X = 2,2 \text{ кВт}$ . КПД достигает максимума при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,425$ .

8 Два одинаковых однофазных трансформатора с разницей коэффициентов трансформации  $\Delta k_{12} = 3 \%$  включены на параллельную работу. Напряжения короткого замыкания  $u_{к1} = u_{к2} = 4,5 \%$ . Определите уравнительные токи (по отношению к номинальным) в обмотках трансформаторов.

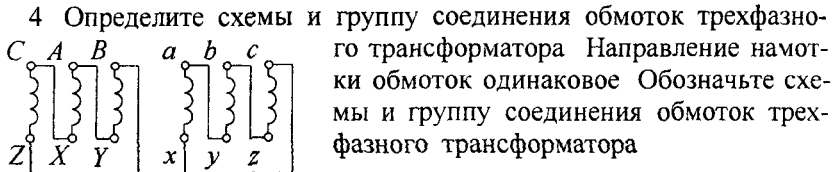
### В а р и а н т 39

1 Определите МДС вторичной обмотки однофазного трансформатора мощностью  $S_H = 40 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  с номинальным первичным напряжением  $U_{1Н} = 6,3 \text{ кВ}$ . Число витков первичной обмотки  $w_1 = 2600$ , коэффициент трансформации  $k_{12} = 16,6$ . Током холостого хода пренебечь.

2 Определите номинальный ток  $I_{1Н}$  и ток холостого хода  $I_{1Х}$  для однофазного трансформатора с номинальными данными: полная мощность  $S_H = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , первичное напряжение  $U_{1Н} = 6 \text{ кВ}$ . Число витков первичной обмотки  $w_1 = 496$ . Магнитопровод изготовлен из листов электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1, удельные потери в стали  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$ .

Масса магнитопровода  $m = 900$  кг, активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_c = 353 \text{ см}^2$ , средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{cp} = 3,35$  м. Зазорами в стыках магнитопровода и падением напряжения в первичной обмотке пренебречь.

3 Схемы соединения обмоток трехфазного трансформатора первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Трансформатор включен в сеть с напряжениями  $U_{1л} = 20$  кВ,  $U_{2л} = 3,15$  кВ. Напряжение витка  $U_B = 9,5$  В. Определите коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений и число витков обмоток.



5 Определите активное, индуктивное и полное сопротивления намагничивающего контура T-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 2500$  кВ А и напряжениями  $U_{1нл} = 20$  кВ,  $U_{2нл} = 6,3$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Намагничивающий ток  $i_0 = 1,1$  %, потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_1 = 4,35$  кВт. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь.

6 Определите в вольтах и в % изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при 50 % загрузки для двух режимов работы с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Данные трансформатора:  $S_H = 100$  кВ А,  $U_{1нл} = 35$  кВ,  $U_{2нл} = 0,4$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Y. Напряжение короткого замыкания  $u_K = 6,5$  %, реактивная составляющая этого напряжения  $u_{KP} = 6,19$  %.

7 Рассчитайте номинальный и максимальный КПД трехфазного трансформатора при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Данные трансформатора:  $S_H = 1000$  кВ А,  $U_{1нл} = 10$  кВ,  $U_{2нл} = 6,3$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 2,1$  кВт. Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,58$  Ом. Добавочными потерями мощности пренебречь.

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 333000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  с одинаковым соединением обмоток и напряжениями  $U_{1H}/U_{2H} = 20/303 \text{ кВ}$  включены параллельно. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 11,5 \%$ ,  $u_{K2} = 13,5 \%$ . Определите распределение нагрузок между трансформаторами при условии, что ни один из них не нагружен выше номинальной мощности (коэффициент загрузки наиболее загруженного трансформатора  $k_3 = 1$ ). Токами холостого хода трансформаторов пренебречь.

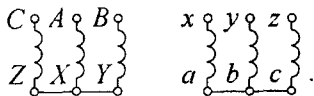
### В а р и а н т 40

1 Пренебрегая намагничивающим током, определите МДС первичной обмотки однофазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 16 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и вторичным напряжением  $U_{2H} = 0,69 \text{ кВ}$ . Во вторичной обмотке трансформатора 540 витков. Коэффициент трансформации  $k_{12} = 0,319$ .

2 При номинальном первичном напряжении амплитуда магнитного потока в стержне однофазного трансформатора  $\Phi_m = 0,0555 \text{ Вб}$ . Активное сечение стали стержня  $l_c = 370 \text{ см}^2$ . Магнитопровод изготовлен из листовой электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится на 20 %. Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь.

3 Число витков в обмотках одной фазы трехфазного трансформатора  $w_1 = 162$ ,  $w_2 = 687$ . Напряжение витка  $U_B = 18,5 \text{ В}$ . Определите схемы соединения обмоток, при которых возможно подключение трансформатора к сети с напряжениями  $U_{1T} = 3 \text{ кВ}$ ,  $U_{2T} = 22 \text{ кВ}$ .

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Определите индуктивное сопротивление взаимной индукции обмоток трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными:  $S_H = 160 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1HL} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H1} = 0,4 \text{ кВ}$ . Обмотки трансфор-

матора соединены по схеме звезда По результатам опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены линейный ток  $I_{1ХЛ} = 0,37$  А и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1Х} = 0,133$  Сопротивлением первичной обмотки трансформатора пренебречь

6 Определите изменение вторичного напряжения трансформатора при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2 = 0,7$  Известны полная мощность трансформатора  $S_H = 1000$  кВ·А, напряжение короткого замыкания  $u_K = 6,5$  %, коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1К} = 0,188$

7 Определите номинальный и максимальный КПД трехфазного трансформатора при значениях коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 630$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Постоянные потери  $p_X = 1,6$  кВт Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 39,3$  Ом

8 Два одинаковых трансформатора с напряжениями короткого замыкания  $u_{KA1} = u_{KA2} = 2,5$  % и  $u_{KP1} = u_{KP2} = 3,74$  % включены параллельно и работают в режиме холостого хода Соединение обмоток первого трансформатора  $Y/Y_H - 0$ , второго  $\Delta/Y_H - 11$  Определите токи в обмотках трансформаторов (по отношению к номинальным токам) и оцените возможность нормальной работы трансформаторов Током холостого хода трансформаторов пренебречь

## В а р и а н т 41

1 Трансформатор предназначен для включения в сеть с напряжением  $U_1 = 380$  В Амплитуда магнитной индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,44$  Тл Активное сечение стали магнитопровода  $P_C = 43,3$  см<sup>2</sup> Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 26$  Определите коэффициент трансформации Током холостого хода пренебречь

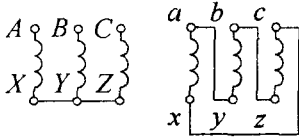
2 Определите коэффициент мощности однофазного трансформатора в режиме холостого хода Первичную обмотку включают в сеть с напряжением  $U_{1Н} = 220$  В При холостом ходе ток в первичной обмотке  $I_{1Х} = 0,9$  А Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,8$  Вт/кг Индукция в магнито-



проводе  $B_m = 1,45$  Тл, масса стали магнитопровода  $m = 24$  кг Потерями мощности в первичной обмотке пренебречь

3 Число витков обмоток на каждом стержне трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 419$ ,  $w_2 = 147$  Номинальные линейные напряжения обмоток  $U_{1HL} = 110$  кВ,  $U_{2HL} = 38,5$  кВ Активное сечение стали стержня  $P_C = 4116$  см<sup>2</sup>, максимальная индукция в стержне  $B_m = 1,66$  Тл Определите схемы соединения первичной и вторичной обмоток трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите параметры намагничивающего контура Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 1000$  кВ·А,  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2HL} = 0,69$  кВ Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ При номинальном первичном напряжении определены потери мощности в магнитопроводе  $p_M = 2,15$  кВт и реактивная намагничивающая мощность  $Q_{LX} = 14$  кВ·Ар

6 Рассчитайте внешние характеристики трехфазного трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 160000$  кВ·А,  $U_{1HL} = 230$  кВ,  $U_{2HL} = 11$  кВ Схемы обмоток первичной – Y<sub>H</sub>, вторичной – Δ Индуктивные сопротивления рассеяния  $x_1 = x_2' = 19,85$  Ом Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $\cos \varphi_{1K} = 0,0273$

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора приведены в задаче № 6 Потери холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_0 = 167$  кВт Добавочными потерями мощности пренебречь Начертите график зависимости КПД от загрузки

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 63$  кВ·А с одной группой соединения обмоток параллельно

включены в сеть с напряжениями  $U_{1H} = 0,66$  кВ и  $U_{2H} = 0,4$  кВ Известны коэффициенты трансформации трансформаторов первого  $k_{12(1)} = 1,67$ , второго  $k_{12(2)} = 1,63$  Напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = u_{K2} = 4,5$  % Определите номинальные и уравнивающие токи в обмотках трансформаторов

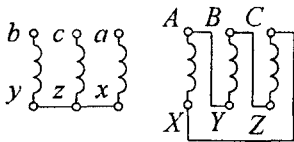
### В а р и а н т 42

1 Номинальные напряжения обмоток трансформатора первичное  $U_{1H} = 220$  В, вторичное при холостом ходе  $U_{2H} = E_{2H} = 127$  В Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,5$  Тл Определите максимальную индукцию в магнитопроводе и ЭДС вторичной обмотки при включении первичной обмотки в сеть с напряжением 127 В

2 Номинальные данные однофазного трансформатора первичное напряжение  $U_{1H} = 10$  кВ, полная мощность  $S_H = 250$  кВ·А Магнитопровод выполнен из электротехнической стали 3413 с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6$  Вт/кг Масса стержней  $m_c = 540$  кг, масса ярем  $m_{\gamma} = 340$  кг Индукция в стержнях  $B_c = 1,52$  Тл и ярмах  $B_{\gamma} = 1,45$  Тл Определите номинальный ток  $I_{1H}$  и активную составляющую  $I_{0a}$  намагничивающего тока трансформатора Потерями мощности в первичной обмотке пренебречь

3 Трехфазный групповой трансформатор составлен из трех однофазных трансформаторов с номинальными данными  $S_H = 100$  кВ·А,  $U_{1H} = 35$  кВ,  $U_{2H} = 6,3$  кВ Обмотки соединены первичная в треугольник, вторичная в звезду Определите линейные и фазные напряжения и токи первичной и вторичной обмоток трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите индуктивное сопротивление взаимной индукции обмоток трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными  $S_H = 63000$  кВ·А,  $U_{1H\pi} = 115$  кВ,  $U_{2H\pi} = 38,5$  кВ Обмотки трансформатора соединены в звезду По результатам опыта холос-

того хода при номинальном первичном напряжении определены линейный ток  $I_{1\text{нл}} = 1,9 \text{ А}$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1\text{х}} = 0,185$ . Сопровождаемым первичной обмотки трансформатора пренебречь

6 Определите, на сколько процентов изменится вторичное напряжение трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$  и  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Номинальные данные трансформатора  $S_H = 6300 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1\text{нл}} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2\text{нл}} = 10,5 \text{ кВ}$ . Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,72 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = x_2' = 7,76 \text{ Ом}$

7 Определите номинальный и максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,75$ , магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 3,7 \text{ кВт}$ , электрические потери при номинальных токах в обмотках  $p_{\Sigma 1\text{н}} = 11 \text{ кВт}$ ,  $p_{\Sigma 2\text{н}} = 12,3 \text{ кВт}$ . Добавочными потерями мощности пренебречь

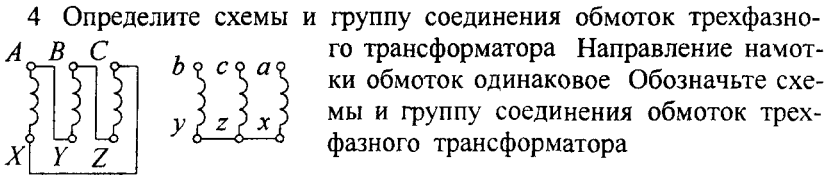
8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  с одинаковым соединением обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1\text{н}}/U_{2\text{н}} = 220/660 \text{ В}$ . Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 4,05 \%$ ,  $u_{K2} = 4,95 \%$ . Общая мощность нагрузки  $S_{\Sigma} = 200 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Определите коэффициенты загрузки трансформаторов. Намагничивающими токами параллельно работающих трансформаторов пренебречь

### В а р и а н т 43

1 Известны МДС первичной и вторичной обмоток однофазного трансформатора  $\dot{F}_1 = 11660 e^{-j31^\circ} \text{ А}$ ,  $\dot{F}_2 = 11260 e^{-j209^\circ} \text{ А}$ , фаза МДС задана по отношению к первичному напряжению. Во вторичной обмотке 445 витков. Номинальные напряжения обмоток  $U_{1\text{н}} = 660 \text{ В}$ ,  $U_{2\text{н}} = 400 \text{ В}$ . Определите намагничивающий ток трансформатора

2 Номинальные данные однофазного трансформатора: первичное напряжение  $U_{1\text{н}} = 10 \text{ кВ}$ , полная мощность  $S_H = 160 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , намагничивающий ток  $i_0 = 2,5 \%$ , потребляемая из сети при холостом ходе активная мощность  $P_{1\text{х}} = 0,71 \text{ кВт}$ . Определите активную и реактивную составляющие намагничивающего тока

3 Три однофазных трансформатора с номинальными данными  $S_H = 32 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1H} = 1732 \text{ В}$ ,  $U_{2H} = 3150 \text{ В}$  соединены в трехфазную группу. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Определите линейные и фазные токи и напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора.



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1HL} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 6,3 \text{ кВ}$ ,  $S_H = 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . В результате расчета трансформатора определены потери мощности магнитные при номинальном первичном напряжении  $p_M = 2,35 \text{ кВт}$ , электрические при номинальных токах в обмотках первичной  $p_{\Sigma 1H} = 5,8 \text{ кВт}$  и вторичной  $p_{\Sigma 2H} = 5,8 \text{ кВт}$ . Ток холостого хода  $i_{LX} \approx i_0 = 1,5 \%$ , напряжение короткого замыкания  $u_K = 6,5 \%$ . Определите параметры Т-образной схемы замещения.

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте внешние характеристики трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Начертите графики внешних характеристик.

7 Определите номинальный КПД трехфазного трансформатора при работе с  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Номинальные линейные напряжения трансформатора  $U_{1HT} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HT} = 3,15 \text{ кВ}$ . Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Номинальный линейный ток первичной обмотки  $I_{1HL} = 105 \text{ А}$ . Линейный ток холостого хода  $I_{LXL} = 0,945 \text{ А}$ . Активные сопротивления Т-образной схемы замещения трансформатора  $r_0 = 2990 \text{ Ом}$ ,  $r_1 = r_2' = 0,703 \text{ Ом}$ .

8 Два трансформатора включены параллельно в сеть с линейными напряжениями  $U_{1HT} = 660 \text{ В}$ ,  $U_{2HT} = 230 \text{ В}$ . Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = 25 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $S_{H2} = 40 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ . Соединение обмоток первого трансформатора  $\Delta/Y_H - 11$ , второго  $Y/Y_H - 10$ . Составляющие напряжения короткого замыкания трансформаторов первого  $u_{KA1} = 2,2 \%$  и  $u_{KP1} = 3,9 \%$ , второго  $u_{KA2} = 2 \%$  и  $u_{KP2} = 4,05 \%$ . Опре-

делите номинальные и уравнильные токи обмоток параллельно работающих трансформаторов

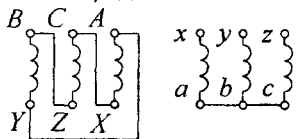
### В а р и а н т 44

1 Номинальные данные однофазного трансформатора мощность  $S_H = 25$  кВ А, первичное напряжение  $U_{1H} = 3$  кВ, вторичное напряжение  $U_{2H} = 0,4$  кВ Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 270$  Определите МДС первичной и вторичной обмоток трансформатора

2 Определите активное  $r_{1\lambda}$ , индуктивное  $x_{1\lambda}$  и полное  $Z_{1\lambda}$  сопротивление первичной обмотки однофазного трансформатора при холостом ходе Число витков первичной обмотки  $w_1 = 260$ , номинальное напряжение  $U_{1H} = 380$  В Размеры магнитопровода сечение стали  $P_c = 47$  см<sup>2</sup>, длина средней силовой линии в магнитопроводе  $l_{cp} = 60$  см Суммарный немагнитный зазор всех стыков  $\Sigma\delta = 0,2$  мм Материал магнитопровода – электротехническая сталь 3413 с плотностью 7650 кг/м<sup>3</sup> и удельными потерями мощности  $p_{10/50} = 0,6$  Вт/кг Кривая намагничивания приведена в табл П1

3 Число витков в обмотках на одном стержне трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 1171$ ,  $w_2 = 81$  Активное сечение стали  $P_c = 141,5$  см<sup>2</sup>, максимальная индукция в стержне  $B_m = 1,57$  Тл Обмотки трансформатора включают в сеть с линейными напряжениями  $U_{1\lambda} = 10$  кВ и  $U_{2\lambda} = 0,4$  кВ Определите, по какой схеме соединены обмотки трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Определите сопротивления главной ветви Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 100$  кВ А,  $U_{1HT} = 10$  кВ,  $U_{2HT} = 0,4$  кВ Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Y Напряжение короткого замыкания  $u_k = 4,5$  % Потери мощности в режиме короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 1,97$  кВт Током холостого хода трансформатора пренебречь

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте внешние характеристики трансформатора при работе с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,7$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Начертите графики внешних характеристик

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при работе с  $\cos \varphi_2 = 0,75$  Данные трансформатора  $S_H = 250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 0,75 \text{ кВт}$  электрические потери при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 3,5 \text{ кВт}$  Начертите график зависимости КПД от загрузки

8 Два одинаковых трансформатора с напряжениями короткого замыкания  $u_k = 7,5 \%$  и соединением обмоток первого  $\Delta/Y-11$ , второго  $Y/Y-10$  включены параллельно и работают в режиме холостого хода Без учета намагничивающих токов определите уравнивающие токи в обмотках трансформаторов (по отношению к номинальным токам) и оцените возможность работы трансформаторов

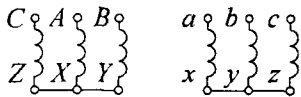
### В а р и а н т 45

1 Определите МДС обмоток однофазного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 6,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1H} = 0,69 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HЛ} = 0,22 \text{ кВ}$  В первичной обмотке 600 витков Током холостого хода пренебречь

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1H} = 380 \text{ В}$  Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Активное сечение стали магнитопровода  $l_c = 104,9 \text{ см}^2$  Число витков первичной обмотки  $w_1 = 105$  Определите, во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится в 1,15 раза Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями  $U_{1H} = 0,66 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H} = 0,23 \text{ кВ}$  объединены в трехфазную группу и включены в трехфазную сеть с номинальными линейными напряжениями  $U_{1ЛЛ} = 0,66 \text{ кВ}$  и  $U_{2ЛЛ} = 0,4 \text{ кВ}$  Определите схемы соединения обмоток трехфазного группового трансформатора и коэффициент трансформации фазных напряжений

- 4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Определите намагничивающий ток  $i_0$  %, напряжение короткого замыкания  $u_k$  % и сопротивления Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 10,5$  кВ,  $S_H = 6300$  кВ А. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Из опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1Х} = 0,141$  и полная мощность холостого хода  $S_{1Х} = 56,7$  кВ А. Из опыта короткого замыкания при номинальном токе определены коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1К} = 0,0984$  и полная мощность короткого замыкания  $S_{1К} = 472,5$  кВ А.

6 Рассчитайте внешние характеристики трехфазного трансформатора при работе с двумя значениями коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Данные трансформатора  $S_H = 2500$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y. Напряжение короткого замыкания  $u_k = 5,5$  %. Активные сопротивления обмоток трансформатора  $r_1 = 0,216$  Ом,  $r_2 = 1 \cdot 10^{-3}$  Ом. Начертите графики внешних характеристик.

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при работе с  $\cos \varphi_2 = 0,85$ . Номинальная полная мощность трансформатора  $S_H = 400$  кВ А. Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_1 = 0,95$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 5,5$  кВт. Начертите график зависимости КПД от загрузки.

8 Два однофазных трансформатора равной мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 10$  кВ А с одинаковым соединением обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1Н} / U_{2Н} = 220/500$  В. Сопротивления короткого замыкания (со стороны НН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 0,218$  Ом. Определите уравнивающие токи (по отношению к номинальному) в обмотках трансформаторов при коэффициентах трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 0,43$ , второго  $k_{12(2)} = 0,45$ .

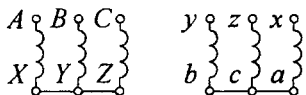
## В а р и а н т 46

1 Определите МДС вторичной обмотки однофазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  и напряжениями обмоток  $U_{1H} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H} = 3,15 \text{ кВ}$  В первичной обмотке трансформатора 1740 витков Током холостого хода пренебречь

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора навит из холоднокатаной стальной ленты толщиной 0,28 мм и шириной 50 мм Число витков ленты 130 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Плотность стали  $7600 \text{ кг/м}^3$  Длина средней силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 49 \text{ см}$  Максимальная индукция в стали  $B_m = 1,1 \text{ Тл}$  Удельные магнитные потери  $p_{1,0/50} = 0,6 \text{ Вт/кг}$  Первичная обмотка трансформатора включается в сеть с напряжением  $U_{1H} = 220 \text{ В}$  Определите амплитуду МДС первичной обмотки трансформатора и действующее значение активной и реактивной составляющих намагничивающего тока

3 Вторичная обмотка трехфазного трансформатора подключена к сети с линейным напряжением  $U_{2L} = 3,15 \text{ кВ}$  Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 19,25$  Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Определите первичные и вторичные линейные и фазные напряжения

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $S_H = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1HL} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,69 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  В результате расчета магнитной системы определены магнитные потери  $p_M = 0,95 \text{ кВт}$  и реактивная (намагничивающая) мощность  $Q_{LX} = 8,346 \text{ кВ} \cdot \text{Ар}$  Определите параметры намагничивающего контура Т-образной схемы замещения Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Рассчитайте и начертите внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора  $S_H = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1H7} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,69 \text{ кВ}$  Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда Напряжение



короткого замыкания  $u_K = 6,5 \%$  Активные сопротивления обмоток трансформатора  $r_1 = r_2' = 4,3 \text{ Ом}$

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные трансформатора  $S_H = 4000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 5,5 \text{ кВт}$ , электрические потери в обмотках при номинальных токах  $p_{\Sigma H} = 32,7 \text{ кВт}$  Начертите график зависимости КПД от загрузки

8 Определите уравнительные токи в обмотках двух параллельно включенных трансформаторов с мощностями  $S_{H1} = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  и  $S_{H2} = 4000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  Первичные обмотки включены в сеть с напряжением  $U_{1НЛ} = 35 \text{ кВ}$ , вторичные в сеть с  $U_{2НЛ} = 6,3 \text{ кВ}$  Соединение обмоток трансформаторов первого  $\Delta/Y-11$ , второго  $Y/Y-0$  Напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = 6,5 \%$ ,  $u_{K2} = 7,2 \%$

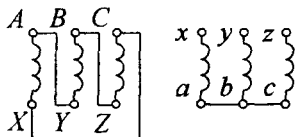
### В а р и а н т 47

1 Определите число витков  $w_1$  первичной обмотки трансформатора, подключаемого к сети с напряжением  $U_{1H} = 220 \text{ В}$  Известно число витков вторичной обмотки  $w_2 = 60$ , вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_{2H} = E_{2H} = 36 \text{ В}$

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1H} = 660 \text{ В}$  Число витков первичной обмотки  $w_1 = 121$  Активное сечение стали магнитопровода  $W_c = 180 \text{ см}^2$  Магнитопровод изготовлен из листовой электротехнической стали Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Определите, во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится на  $10 \%$  Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями  $U_{1H} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2H} = 3,64 \text{ кВ}$  используют для трансформации трехфазных токов Схемы соединения обмоток первичных –  $\Delta$ , вторичных –  $Y_H$  Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1НЛ}$ ,  $U_{2НЛ}$  и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений

- 4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Рассчитайте параметры намагничивающего контура Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 10,5$  кВ,  $S_H = 4000$  кВ·А. Схема соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Намагничивающий ток  $i_0 = 1,0$  %, потребляемая в режиме холостого хода при номинальном первичном напряжении мощность  $P_{1\lambda} = 5,7$  кВт. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь.

6 Определите вторичное напряжение трехфазного трансформатора в режиме номинальной загрузки с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,75$ . Данные трансформатора  $S_H = 160$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1к} = 0,298$ . Активное сопротивление обмоток  $r_1 = 222$  Ом,  $r_2 = 0,03$  Ом.

7 Определите максимальный и номинальный КПД трансформатора, который работает с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Данные трансформатора  $S_H = 40$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 380$  В,  $U_{2НЛ} = 400$  В, число фаз  $m_1 = 3$ . Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$ . Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $P_{\lambda} = 0,25$  кВт, короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $P_{КЗ} = 0,8$  кВт.

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 250$  кВ·А с одной группой соединения обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1Н} = 6$  кВ и  $U_{2Н} = 0,4$  кВ. Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 15,3$ , второго  $k_{12(2)} = 14,7$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = Z_{K2} = 2,13 + j6,12$  Ом. Известны обусловленные нагрузкой токи в первичных обмотках трансформаторов  $\dot{I}_{1(1)} = \dot{I}_{1(2)} = 30 e^{-j38,5^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению). Определите полные токи обмоток трансформаторов. Если один из трансформаторов перегружен, рассчитайте суммарный ток, который можно

снять с параллельно работающих трансформаторов, чтобы ни один из них не был перегружен Токами холостого хода пренебречь

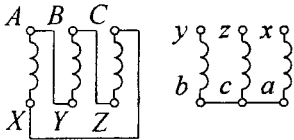
### В а р и а н т 48

1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными полная мощность  $S_H = 2,5 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ , вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 36 \text{ В}$ , число витков первичной обмотки  $w_1 = 196$ , вторичной обмотки  $w_2 = 32$  Током холостого хода пренебречь

2 Первичная обмотка однофазного трансформатора включена в сеть с напряжением  $U_1 = 380 \text{ В}$ , вторичная обмотка трансформатора разомкнута Ток в первичной обмотке  $I_{1X} = 0,9 \text{ А}$ , потребляемая из сети активная мощность  $P_{1X} = 48 \text{ Вт}$  Определите действующие значения активной и реактивной составляющих тока холостого хода

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 11,55 \text{ кВ}$  и  $U_{2H} = 6,6 \text{ кВ}$  включены в трехфазную группу, служащую для трансформации трехфазных токов Линейные напряжения сети  $U_{1Л} = 20 \text{ кВ}$ ,  $U_{2Л} = 6,6 \text{ кВ}$ . Определите схемы соединения обмоток трансформатора и коэффициент трансформации фазных напряжений

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1HЛ} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HЛ} = 3,15 \text{ кВ}$ ,  $S_H = 4000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ По результатам опыта короткого замыкания определены линейное напряжение короткого замыкания при номинальном первичном токе  $U_{1кЛ} = 390 \text{ В}$ , номинальные потери мощности  $p_{кН} = 33,5 \text{ кВт}$  Определите сопротивления главной ветви T-образной схемы замещения без учета влияния намагничивающего контура

6 Рассчитайте внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Данные

трансформатора  $S_H = 160$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Напряжение короткого замыкания  $u_k = 5,5$  % Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 220$  Ом

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трехфазного трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Начертите график этой зависимости Данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 10$  кВ,  $U_{2НЛ} = 10,5$  кВ Схемы обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$  Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_X = 2,1$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах обмоток  $p_{KH} = 11,6$  кВт

8 Два трехфазных трансформатора с номинальными мощностями  $S_{H1} = 63$  кВ А и  $S_{H2} = 40$  кВ А включены параллельно на напряжения  $U_{1НЛ} = 0,66$  кВ и  $U_{2НЛ} = 0,38$  кВ Соединение обмоток трансформаторов первого  $\Delta/Y-11$ , второго  $Y/Y-0$  Сопротивления короткого замыкания трансформаторов (со стороны ВН)  $Z_{K1} = 0,36 + j0,862$  Ом,  $Z_{K2} = 0,218 + j0,437$  Ом Определите уравнильные токи (по отношению к номинальным токам) в обмотках трансформаторов

## В а р и а н т 49

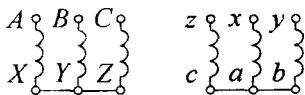
1 Номинальные данные трансформатора первичное напряжение  $U_{1Н} = 127$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2Н} = 220$  В Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,5$  Тл Определите максимальную индукцию и вторичное напряжение в режиме холостого хода при включении первичной обмотки в сеть с напряжением  $U_1 = 100$  В

2 Определите активную составляющую тока холостого хода однофазного трансформатора, первичную обмотку которого включают в сеть с напряжением  $U_{1Н} = 35$  кВ Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 с удельными потерями  $p_{1,0/50} = 0,6$  Вт/кг Масса стержней  $m_C = 320$  кг, масса ярем  $m_Y = 230$  кг Индукция в стержнях  $B_C = 1,55$  Тл, в ярмах  $B_Y = 1,48$  Тл

3 Трехфазная группа составлена из однофазных трансформаторов с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1Н} = 380$  В,  $U_{2Н} = 48$  В Номинальные линейные напряжения обмоток трехфазного группового

трансформатора  $U_{1НЛ} = 660$  В,  $U_{2НЛ} = 83$  В. Определите схемы соединения обмоток и коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12}$  трехфазного трансформатора

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 В опыте холостого хода трехфазного трансформатора при номинальном первичном напряжении определены линейный ток холостого хода  $I_{1ХЛ} = 2,91$  А, потери мощности  $p_X = 7,65$  кВт. Данные трансформатора  $S_H = 6300$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 10$  кВ,  $U_{2НЛ} = 6,3$  кВ. Схема соединения первичной обмотки – Y. Определите индуктивное сопротивление взаимной индукции обмоток трансформатора. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь.

6 Рассчитайте в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при половинной загрузке для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$ . Данные трансформатора  $S_H = 4000$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 3,15$  кВ,  $U_{2НЛ} = 35$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Активная составляющая напряжения короткого замыкания  $u_{кА} = 0,84$  %. Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1К} = 0,112$ .

7 Рассчитайте номинальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 400$  кВ·А,  $U_{1НЛ} = 35$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ. Схемы обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Номинальный линейный ток первичной обмотки  $I_{1НЛ} = 6,74$  А. Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 20,2$  Ом. Магнитные потери мощности  $p_M = 1,2$  кВт.

8 Три трехфазных трансформатора с соединением обмоток Δ/Y<sub>H</sub>-11 включены параллельно. Номинальные мощности трансформаторов  $S_{H1} = S_{H2} = S_{H3} = 40000$  кВ·А, номинальные линейные напряжения  $U_{1НЛ} = 35$  кВ и  $U_{2НЛ} = 10,5$  кВ. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{к1} = 7,65$  %,  $u_{к2} = 8,5$  %,  $u_{к3} = 9,35$  %. Общая мощность нагрузки  $S_{\Sigma} = 120000$  кВ·А. Найдите распределение нагрузок между параллельно работающими трансформаторами. Токами холостого хода трансформаторов пренебречь.

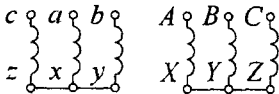
### В а р и а н т 50

1 Определите число витков первичной обмотки трансформатора, включаемого на напряжение  $U_{1H} = 48$  В частотой  $f_1 = 200$  Гц Сечение стали магнитопровода  $3 \times 4$  см<sup>2</sup>, коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,93$ , максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,25$  Тл

2 Активное сечение стали магнитопровода  $P_c = 263$  см<sup>2</sup> Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 При включении трансформатора в сеть с частотой  $f_1 = 50$  Гц и номинальным первичным напряжением амплитуда магнитного потока  $\Phi_m = 3,682 \cdot 10^{-2}$  Вб Определите, как и во сколько раз изменится амплитуда реактивной составляющей намагничивающего тока  $I_{0pm}$  при включении ненагруженного трансформатора в сеть с частотой  $f_1 = 60$  Гц и номинальным первичным напряжением Падением напряжения в первичной обмотке пренебречь

3 Трехфазный групповой трансформатор собран из трех однофазных с номинальными напряжениями первичной и вторичной обмоток  $U_{1H} = 660$  В,  $U_{2H} = 400$  В Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  Определите линейные напряжения обмоток трансформатора  $U_{1\text{лл}}$ ,  $U_{2\text{лл}}$  и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Рассчитайте параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными данными  $S_H = 2500$  кВ·А,  $U_{1\text{лл}} = 20$  кВ,  $U_{2\text{лл}} = 10,5$  кВ Схемы обмоток первичной –  $Y$ , вторичной –  $\Delta$  Из опыта холостого хода при номинальном первичном напряжении определены линейный ток  $I_{1\text{лл}} = 0,794$  А, коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1Y} = 0,158$  Из опыта короткого замыкания при номинальных токах обмоток определены линейное напряжение короткого замыкания  $U_{1\text{кл}} = 1,3$  кВ, коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1K} = 0,145$

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте внешние характеристики трансформатора для двух режимов работы с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Начертите внешние характеристики трансформатора

7 При номинальной нагрузке трансформатора, работающего с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$ , отдаваемая нагрузке активная мощность  $P_{2H} = 6300$  кВт При этом КПД  $\eta_H = 0,991$  КПД максимален при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,415$  Определите постоянные  $p_{\gamma}$  и номинальные переменные  $p_{KH}$  потери мощности Рассчитайте максимальный КПД Добавочными потерями пренебречь

8 Два однофазных трансформатора с одинаковым соединением обмоток и номинальными мощностями  $S_{H1} = 400$  кВ·А,  $S_{H2} = 250$  кВ·А включены параллельно на напряжения  $U_{1H}/U_{2H} = 10/0,23$  кВ Коэффициенты трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 42,5$ , второго трансформатора  $k_{12(2)} = 44,5$  Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{K1} = 3,44 + j10,7$  Ом,  $Z_{K2} = 5,92 + j17$  Ом Токи в первичных обмотках трансформатора, обусловленные нагрузкой  $I_{1(1)} = 30 e^{-j38^\circ}$ ,  $I_{1(2)} = 18,75 e^{-j38^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению) Определите распределение нагрузок между трансформаторами Если один из них перегружен, рассчитайте суммарную нагрузку трансформаторов, при которой ток наиболее загруженного трансформатора равен номинальному Токами холостого хода пренебречь

## В а р и а н т 51

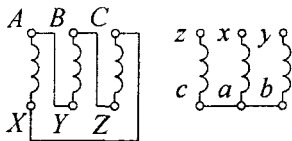
1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными полная мощность  $S_H = 4$  кВ·А, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 127$  В Число витков обмоток первичной 212, вторичной 71 Током холостого хода и потерями мощности пренебречь

2 При номинальном первичном напряжении амплитуда магнитного потока в стержне однофазного трансформатора  $\Phi_m = 0,0518$  Вб Активное сечение стали стержня  $P_C = 324$  см<sup>2</sup> Магнитопровод изготовлен из листовой электротехнической стали с кривой намагничивания, приведенной в табл П1 Во сколько раз изменится амплиту-

да намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится на 15 %. Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь

3 Обмотки трехфазного трансформатора соединены по схемам первичные – Y, вторичные –  $\Delta$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ А,  $U_{1HL} = 6,0$  кВ,  $U_{2HL} = 0,4$  кВ Напряжение одного витка  $U_B = 13,6$  В Определите коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений и номинальные линейные и фазные токи обмоток

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 По результатам опыта холостого хода трехфазного трансформатора при номинальном первичном напряжении определены потери мощности  $p_\chi = 2,8$  кВт и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1\chi} = 0,135$  Данные трансформатора  $S_H = 1600$  кВ А,  $U_{1HL} = 6$  кВ,  $U_{2HL} = 0,4$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y Определите индуктивное сопротивление взаимной индукции обмоток трансформатора Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке с коэффициентами мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 1600$  кВ А,  $U_{1HL} = 10$  кВ,  $U_{2HL} = 3,15$  кВ Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Индуктивные сопротивления рассеяния обмоток  $x_1 = 1,688$  Ом,  $x_2 = 0,502$  Ом Коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,1875$

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора для значений коэффициента загрузки  $k_3 = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  при работе с  $\cos \varphi_2 = 0,75$  Данные трансформатора  $S_H = 250$  кВ А, магнитные потери при номинальном первичном напряжении  $p_M = 0,75$  кВт, электрические потери при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 3,5$  кВт Начертите зависимость КПД от загрузки

8 Два однофазных трансформатора мощностью  $S_{H1} = 40$  кВ А и  $S_{H2} = 63$  кВ А с напряжениями  $U_{1H} / U_{2H} = 660 / 400$  В и одинаковым



соединением обмоток включены параллельно. Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 4\%$ ;  $u_{K2} = 5\%$ . Определите распределение нагрузок между трансформаторами при условии, что ни один из них не нагружен выше номинальной мощности (коэффициент загрузки наиболее загруженного трансформатора  $k_3 = 1$ ). Токами холостого хода трансформаторов пренебречь.

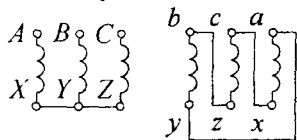
## В а р и а н т 52

1. Номинальные напряжения однофазного трансформатора: первичное  $U_{1H} = 380$  В; вторичное при холостом ходе  $U_{2H} = E_{2H} = 127$  В. Число витков обмоток: первичной  $w_1 = 1350$ ; вторичной  $w_2 = 451$ . Трансформатор необходимо включить в сеть с первичным напряжением  $U_1 = 660$  В; выходное напряжение  $U_2$  должно остаться неизменным. Как следует изменить число витков обмоток (перемотать трансформатор) при неизменной максимальной индукции  $B_m$  в магнитопроводе. Током холостого хода трансформатора пренебречь.

2. Номинальные данные однофазного трансформатора: первичное напряжение  $U_{1H} = 660$  В; ток холостого хода  $i_0 = 7\%$ ; полная мощность  $S_H = 10$  кВ·А; потребляемая из сети при холостом ходе активная мощность  $p_{1X} = 0,09$  кВт. Определите активную и реактивную составляющие намагничивающего тока. Потерями мощности в первичной обмотке пренебречь.

3. Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 5770$  В;  $U_{2H} = 230$  В используют для трансформации трехфазных токов. Первичная и вторичная обмотки группового трехфазного трансформатора соединены по схеме звезда. Определите номинальные линейные напряжения обмоток и коэффициенты трансформации линейных и фазных напряжений.

4. Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5. Известны номинальные данные трехфазного трансформатора:  $S_H = 400$  кВ·А;  $U_{1HL} = 10$  кВ;  $U_{2HL} = 0,69$  кВ. Схемы обмоток: первич-

ной –  $\Delta$ , вторичной –  $Y$  По результатам опыта короткого замыкания при номинальных токах в обмотках определены напряжение короткого замыкания  $u_K = 4,5 \%$ , потери мощности  $p_{KH} = 5,9$  кВт Рассчитайте параметры главной ветви Т-образной схемы замещения

6 Определите изменение вторичного напряжения  $\Delta u$  трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Данные трансформатора  $S_H = 2500$  кВ·А, напряжение короткого замыкания  $u_K = 5,5 \%$ , коэффициент мощности в режиме короткого замыкания  $\cos \varphi_{1K} = 0,171$

7 Рассчитайте максимальный КПД трансформатора со следующими данными  $S_H = 2500$  кВ·А,  $\cos \varphi_2 = 0,85$ , потери короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 23,3$  кВт КПД достигает максимального значения при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,41$

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 400$  кВ·А с одной группой соединения обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H} = 10$  кВ и  $U_{2H} = 0,4$  кВ Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 25,5$ , второго  $k_{12(2)} = 24,5$  Сопротивления короткого замыкания (со стороны ВН)  $Z_{k1} = Z_{k2} = 3,44 + j10,7$  Ом Известны обусловленные нагрузкой токи в первичных обмотках трансформаторов  $\dot{I}_{1(1)} = \dot{I}_{1(2)} = 30 e^{-j38,5^\circ}$  (фаза токов дана по отношению к первичному напряжению) Определите распределение нагрузок между трансформаторами Если один из них перегружен, рассчитайте суммарную нагрузку трансформаторов, при которой ток наиболее загруженного трансформатора равен номинальному Токами холостого хода пренебречь

### В а р и а н т 53

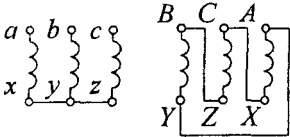
1 Трансформатор предназначен для включения в сеть с первичным напряжением  $U_{1H} = 220$  В Активное сечение стали магнитопровода  $P_c = 62,9$  см<sup>2</sup>, амплитуда магнитной индукции  $B_m = 1,5$  Тл Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 61$  Определите коэффициент трансформации Током холостого хода пренебречь

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора навит из холоднокатаной стальной ленты толщиной 0,28 мм и шириной

50 мм Число витков ленты 170 Кривая намагничивания стали приведена в табл П 1 Плотность стали  $7600 \text{ кг/м}^3$  Длина средней силовой линии в магнитопроводе  $l_{cp} = 70 \text{ см}$  Максимальная индукция в магнитопроводе  $B_m = 1,35 \text{ Тл}$  Удельные магнитные потери в стали  $p_{10/50} = 0,8 \text{ Вт/кг}$  Первичная обмотка трансформатора включается в сеть с напряжением  $U_{1H} = 380 \text{ В}$  Определите амплитуду МДС первичной обмотки трансформатора и действующее значение активной и реактивной составляющих намагничивающего тока

3 Первичная обмотка трехфазного трансформатора включена на линейное напряжение  $U_{1HL} = 6,0 \text{ кВ}$  Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 15$  Определите линейные и фазные первичные и вторичные напряжения трансформатора при схемах соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Y

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 По результатам опытов холостого хода и короткого замыкания трехфазного трансформатора определены коэффициент мощности холостого хода  $\cos \varphi_{1\kappa} = 0,15$  и ток холостого хода  $i_0 = 1,4 \%$  при номинальном первичном напряжении, напряжение короткого замыкания  $u_K = 5,5 \%$  и коэффициент мощности при этом напряжении  $\cos \varphi_{1\kappa} = 0,222$  Данные трансформатора  $S_H = 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1HL} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,525 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Определите сопротивления T-образной схемы замещения трансформатора

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте внешние характеристики трансформатора для режимов работы с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$

7 Рассчитайте номинальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 400 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1HL} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2HL} = 0,4 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Номинальный линейный ток первичной обмотки  $I_{1HL} = 6,74 \text{ А}$  Магнитные потери мощности  $p_{\text{M}} = 1,2 \text{ кВт}$  Активные сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 20,2 \text{ Ом}$

8 Трехфазный потребитель запитан от двух параллельно включенных трансформаторов с мощностями  $S_{H1} = 10 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $S_{H2} = 16 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и линейными напряжениями  $U_{1\text{НЛ}} = 220 \text{ В}$ ,  $U_{2\text{НЛ}} = 400 \text{ В}$ . Схемы и группы соединения обмоток первого трансформатора  $Y/Y-0$ , второго  $\Delta/Y-11$ . Сопротивления короткого замыкания (со стороны НН)  $Z_{K1} = 0,136 + j0,171 \text{ Ом}$ ,  $Z_{K2} = 0,0756 + j0,113 \text{ Ом}$ . Определите номинальные и уравнивающие токи обмоток трансформаторов.

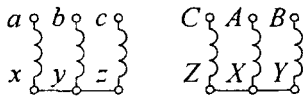
### В а р и а н т 54

1 Определите номинальный ток  $I_{2\text{Н}}$  вторичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными: полная мощность  $S_H = 0,63 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , первичное напряжение  $U_{1\text{Н}} = 220 \text{ В}$ . Число витков обмоток первичной  $w_1 = 514$ , вторичной  $w_2 = 297$ . Током холостого хода и потерями мощности пренебречь.

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1\text{Н}} = 6 \text{ кВ}$ . Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413. Кривая намагничивания стали приведена в табл. П1. Активное сечение стали магнитопровода  $l_c = 68 \text{ см}^2$ . Число витков первичной обмотки  $w_1 = 2650$ . Определите, во сколько раз изменится амплитуда намагничивающего тока трансформатора, если первичное напряжение увеличится в 1,2 раза. Падением напряжения в первичной обмотке и потерями мощности пренебречь.

3 Число витков обмоток трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 601$ ,  $w_2 = 198$ . Напряжение (ЭДС) одного витка  $U_B = 9,6 \text{ В}$ . Определите схемы соединения обмоток, при которых трансформатор можно включать в сеть с напряжениями  $U_{1\text{Л}} = 10 \text{ кВ}$  и  $U_{2\text{Л}} = 3,3 \text{ кВ}$ .

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Определите индуктивные сопротивление взаимной индукции и сопротивления рассеяния обмоток трехфазного трансформатора со следующими номинальными данными:  $S_H = 4000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $U_{1\text{НЛ}} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2\text{НЛ}} = 3,15 \text{ кВ}$ . Схемы обмоток первичной —  $Y$ , вторичной —  $\Delta$ . Ток

холостого хода  $i_0 = 1 \%$ , напряжение короткого замыкания  $u_K = 7,5 \%$  Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_X = 5,7$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 33,5$  кВт

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте и начертите внешние характеристики трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$

7 Определите максимальный КПД трансформатора со следующими данными  $S_H = 1600$  кВ·А, коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 0,7$  постоянные потери мощности  $p_X = 3$  кВт КПД достигает максимального значения при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,435$

8 Два трехфазных трансформатора с соединением обмоток  $Y_H/\Delta -11$ , мощностями  $S_{H1} = 4000$  кВ·А и  $S_{H2} = 6300$  кВ·А, линейными напряжениями  $U_{1HL} = 13,8$  кВ и  $U_{2HL} = 121$  кВ соединены параллельно Напряжения короткого замыкания  $u_{K1} = 6,5 \%$ ,  $u_{K2} = 5 \%$  Общая мощность нагрузки  $S_L = 8240$  кВ·А Определите коэффициенты загрузки трансформаторов Разницей активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания и намагничивающими токами трансформаторов пренебречь

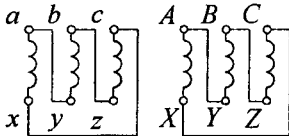
### В а р и а н т 55

1 Определите номинальный ток  $I_{1H}$  первичной обмотки однофазного трансформатора со следующими номинальными данными первичное напряжение  $U_{1H} = 127$  В, вторичное напряжение при холостом ходе  $U_{2H} = 220$  В, ток вторичной обмотки  $I_{2H} = 2,87$  А Током холостого хода и потерями мощности пренебречь

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора выполнен из листовой электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 67$  см Сечение активной стали магнитопровода  $P_C = 52$  см<sup>2</sup> Суммарный немагнитный зазор стыков  $\delta = 0,24$  мм Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,4$  Тл Определите амплитуду МДС первичной обмотки и действующее значение намагничивающего тока при числе витков первичной обмотки  $w_1 = 136$  Потери мощности пренебречь

3 Обмотки трехфазного трансформатора соединены по схемам первичные – Y, вторичные –  $\Delta$  и включены в сеть с напряжениями  $U_{1\text{нл}} = 10$  кВ,  $U_{2\text{нл}} = 0,4$  кВ. Определите коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений и номинальные линейные и фазные токи обмоток, если полная мощность трансформатора  $S_H = 630$  кВ·А.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Из опыта холостого хода трехфазного трансформатора при номинальном первичном напряжении определены ток холостого хода  $i_0 = 2,3$  % и коэффициент мощности  $\cos \varphi_{1\text{х}} = 0,168$ . Номинальные данные трансформатора  $S_H = 160$  кВ·А,  $U_{1\text{нл}} = 35$  кВ,  $U_{2\text{нл}} = 0,4$  кВ. Обмотки трансформатора соединены по схеме звезда. Определите индуктивное сопротивление взаимной индукции обмоток. Сопротивлением первичной обмотки пренебречь.

6 Определите в % и в вольтах изменение вторичного напряжения трехфазного трансформатора при 75 % загрузки для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ·А,  $U_{1\text{нл}} = 6$  кВ,  $U_{2\text{нл}} = 0,69$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y. Сопротивления обмоток трансформатора активные –  $r_1 = 0,659$  Ом;  $r_2 = 2,93 \cdot 10^{-3}$  Ом, индуктивные –  $x_1 = 2,896$  Ом,  $x_2 = 1,29 \cdot 10^{-2}$  Ом.

7 Определите номинальный коэффициент полезного действия трехфазного трансформатора с номинальными линейными напряжениями  $U_{1\text{нл}} = 35$  кВ,  $U_{2\text{нл}} = 10,5$  кВ. Схемы соединения обмоток трансформатора первичной – Y, вторичной –  $\Delta$ . Номинальный линейный ток первичной обмотки  $I_{1\text{нл}} = 41,8$  А. Линейный ток холостого хода при номинальном первичном напряжении  $I_{\text{хх}} = 0,46$  А. Активные сопротивления схемы замещения  $r_0 = 6850$  Ом,  $r_1 = r_2' = 2,26$  Ом. Коэффициент мощности вторичной цепи  $\cos \varphi_2 = 0,8$ .

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 100$  кВ·А с одинаковым соединением обмоток и напряжениями

$U_{1H}/U_{2H} = 6/0,66$  кВ работают параллельно на общую нагрузку с сопротивлением  $Z_H' = 181 + j136$  Ом Коэффициент трансформации первого трансформатора  $k_{12(1)} = 8,91$ , второго  $k_{12(2)} = 9,27$  Напряжения короткого замыкания  $u_{KA} = 1,97\%$ ,  $u_{KP} = 4,04\%$  Определите уравнительные токи в обмотках трансформаторов и коэффициенты загрузки трансформаторов Оцените возможность параллельной работы Током холостого хода трансформаторов пренебречь

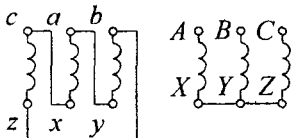
### В а р и а н т 56

1 Рассчитайте число витков первичной  $w_1$  и вторичной  $w_2$  обмоток трансформатора с сечением активной стали  $\Pi_C = 15,6$  см<sup>2</sup> Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 0,95$  Тл Первичное напряжение  $U_{1H} = 36$  В, вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_{2H} = E_{2H} = 127$  В Частота изменения напряжения  $f_1 = 400$  Гц Током холостого хода пренебречь

2 Определите номинальный ток первичной обмотки  $I_{1H}$  и ток холостого хода  $I_0$  однофазного трансформатора со следующими номинальными данными полная мощность  $S_H = 1000$  кВ·А, первичное напряжение  $U_{1H} = 10$  кВ Число витков первичной обмотки  $w_1 = 686$  Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Удельные потери в стали  $p_{1,0/50} = 0,6$  Вт/кг Масса магнитопровода  $m = 1000$  кг, активное сечение стали магнитопровода  $\Pi_C = 419$  см<sup>2</sup>, средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 3$  м Воздушными зазорами в стыках и падением напряжения в первичной обмотке пренебречь

3 Три однофазных трансформатора с номинальными напряжениями обмоток  $U_{1H} = 380$  В и  $U_{2H} = 12$  В используют для трансформации трехфазных токов Первичная и вторичная обмотки соединены в звезду Определите линейные напряжения обмоток  $U_{1H\Delta}$ ,  $U_{2H\Delta}$  и коэффициент трансформации  $k_{12}$  фазных напряжений

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1НЛ} = 10$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,4$  кВ,  $S_H = 250$  кВ А Число фаз  $m_1 = 3$  Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Y В опыте холостого хода измерены при номинальном первичном напряжении линейный ток  $I_{1ХЛ} = 0,332$  А и коэффициент мощности  $\cos\varphi_{1Y} = 0,129$  Определите ток холостого хода  $I_0$  в процентах и сопротивления намагничивающего контура Т-образной схемы замещения Сопротивлением первичной обмотки пренебречь

6 Рассчитайте внешние характеристики трехфазного трансформатора для значений коэффициента мощности  $\cos\varphi_2 = 0,8$  и  $\cos\varphi_2 = 1$  Данные трансформатора  $S_H = 2500$  кВ А,  $U_{1НЛ} = 6$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,69$  кВ Схемы обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y Напряжение короткого замыкания  $u_K = 5,5$  % Индуктивные сопротивления рассеяния обмоток  $x_1 = x_2' = 1,168$  Ом

7 Определите коэффициент загрузки трехфазного трансформатора  $k_{3\max}$ , при котором КПД трансформатора будет максимальным при работе с  $\cos\varphi_2 = 0,75$  Данные трансформатора  $S_H = 2500$  кВ А, потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_1 = 4,25$  кВт, короткого замыкания при номинальных токах в обмотках  $p_{KH} = 22,3$  кВт Рассчитайте максимальный КПД трансформатора, пренебрегая добавочными потерями

8 Определите величину уравнивающего тока (по отношению к номинальным токам) при параллельном включении двух трансформаторов одинаковой мощности с соединением обмоток первого Y/ $\Delta$ -I, второго Y/Y-0 Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 9,5$  %,  $u_{K2} = 10,4$  % Намагничивающим током пренебречь

### В а р и а н т 57

1 Определите число витков первичной обмотки  $w_1$  трансформатора, предназначенного для включения в сеть с первичным напряжением  $U_{1H} = 660$  В Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 212$ , вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_{2H} = E_{2H} = 127$  В Током холостого хода трансформатора пренебречь

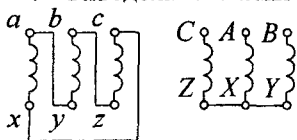
2 Номинальные данные однофазного трансформатора первичное напряжение  $U_{1H} = 660$  В, частота изменения напряжения  $f_1 = 50$  Гц



Число витков первичной обмотки  $w_1 = 768$  Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Сечение магнитопровода  $4 \times 8 \text{ см}^2$ , коэффициент заполнения сталью  $k_c = 0,93$  Средняя длина силовой линии в стали  $l_{cp} = 50 \text{ см}$  Суммарный зазор всех стыков  $\delta = 0,3 \text{ мм}$  Определите амплитудное и действующее значения реактивной составляющей намагничивающего тока трансформатора

3 Число витков обмоток трехфазного стержневого трансформатора  $w_1 = 2555$ ,  $w_2 = 169$  Напряжение (ЭДС) одного витка  $U_B = 2,26 \text{ В}$  Определите схемы соединения обмоток, при которых трансформатор можно включать в сеть с напряжениями  $U_{1л} = 10 \text{ кВ}$  и  $U_{2л} = 0,66 \text{ кВ}$

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 Из опытов холостого хода и короткого замыкания трехфазного трансформатора определены ток холостого хода  $i_0 = 1,4 \%$ , напряжение короткого замыкания  $u_k = 6,5 \%$ , коэффициенты мощности холостого хода  $\cos \varphi_{лх} = 0,1384$ , короткого замыкания  $\cos \varphi_{1к} = 0,1586$  Номинальные данные трансформатора  $S_H = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ,  $U_{1нл} = 35 \text{ кВ}$ ,  $U_{2нл} = 3,15 \text{ кВ}$  Схемы обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Определите параметры T-образной схемы замещения трансформатора

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте внешние характеристики трансформатора для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1,0$

7 Рассчитайте зависимость КПД от загрузки трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,9$  для значений коэффициента загрузки  $k_z = 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25$  Данные трансформатора приведены в задаче № 5 Начертите график зависимости КПД от загрузки трансформатора

8 Два однофазных трансформатора с различием коэффициентов трансформации  $\Delta k_{12} = 1 \%$  включены параллельно Напряжения короткого замыкания  $u_{k1} = 4,5 \%$ ,  $u_{k2} = 5,5 \%$  Определите уравнивающие токи (по отношению к номинальным) в обмотках трансформаторов

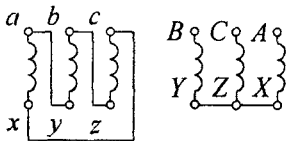
### В а р и а н т 58

1 Данные трансформатора первичное напряжение  $U_{1H} = 220$  В, вторичное напряжение  $U_{2H} = 48$  В Число витков первичной обмотки  $w_1 = 1150$ , частота изменения напряжения  $f_1 = 50$  Гц, амплитуда индукции  $B_m = 1,1$  Тл Трансформатор необходимо включить в сеть частотой  $f_1 = 200$  Гц Для уменьшения магнитных потерь максимальную индукцию  $B_m$  целесообразно принять равной  $0,18$  Тл Как следует изменить число витков обмоток (перемотать трансформатор), чтобы получить ЭДС вторичной обмотки  $E_2 = 36$  В при первичном напряжении  $U_1 = 127$  В Током холостого хода пренебречь

2 Магнитопровод однофазного стержневого трансформатора собран из электротехнической стали 3413 Сечение активной стали  $63 \text{ см}^2$ , средняя длина силовой линии в магнитопроводе  $l_{CP} = 83$  см Суммарный немагнитный зазор всех стыков  $\delta = 0,28$  см Амплитуда индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,45$  Тл Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Определите амплитуду МДС первичной обмотки при холостом ходе и действующее значение намагничивающего тока, если число витков первичной обмотки  $w_1 = 325$  Потери мощности пренебречь

3 Первичная обмотка трехфазного трансформатора включена на линейное напряжение  $U_{1HL} = 20$  кВ Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 30,4$  Определите линейные и фазные первичные и вторичные напряжения трансформатора при схемах соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора



5 По данным опыта короткого замыкания трехфазного трансформатора при номинальном токе первичной обмотки определены потери мощности  $p_{KH} = 12,2$  кВт и линейное напряжение  $U_{1KL} = 330$  В Номинальные данные трансформатора  $S_H = 1000$  кВ А,  $U_{1HL} = 6$  кВ,  $U_{2HL} = 0,4$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторич-

ной – Y Определите параметры главной ветви T-образной схемы замещения Рассчитайте индуктивное сопротивление рассеяния вторичной обмотки трансформатора Влиянием намагничивающего контура пренебречь

6 Используя исходные данные и результаты решения задачи № 5, рассчитайте и начертите внешние характеристики трансформатора для двух значений коэффициента мощности во вторичной обмотке  $\cos \varphi_2 = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 1$

7 Рассчитайте максимальный и номинальный КПД трехфазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 1600 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  и напряжениями обмоток  $U_{1НЛ} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{2НЛ} = 3,15 \text{ кВ}$  Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Параметры T-образной схемы замещения трансформатора  $r_1 = r_2' = 0,322 \text{ Ом}$ ,  $x_1 = x_2' = 1,69 \text{ Ом}$ ,  $r_0 = 650 \text{ Ом}$ ,  $x_0 = 4770 \text{ Ом}$  Коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$  Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два однофазных трансформатора одинаковой мощности  $S_{H1} = S_{H2} = 630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  с одной группой соединения обмоток включены параллельно в сеть с напряжениями  $U_{1H} / U_{2H} = 6/0,4 \text{ кВ}$  Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 4,05 \%$ ,  $u_{K2} = 4,5 \%$  Общая мощность нагрузки  $S_{\Sigma} = 1260 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  Определите токи в обмотках трансформаторов Намагничивающими токами пренебречь

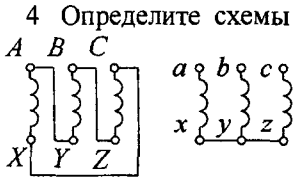
## В а р и а н т 59

1 Определите число витков  $w_1$  первичной обмотки трансформатора, предназначенного для включения на напряжение  $U_{1H} = 380 \text{ В}$  Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 20$ , вторичное напряжение в режиме холостого хода  $U_{2H} = E_{2H} = 12 \text{ В}$

2 Номинальное первичное напряжение однофазного трансформатора  $U_{1H} = 127 \text{ В}$  Число витков первичной обмотки  $w_1 = 168$  Магнитопровод изготовлен из электротехнической стали 3413 Кривая намагничивания стали приведена в табл П1 Сечение магнитопровода  $4 \times 6,5 \text{ см}^2$ , коэффициент заполнения сталью  $k_C = 0,93$  Средняя длина силовой линии в стали  $l_{CP} = 62 \text{ см}$  Суммарный немагнитный зазор в стыках пластин  $\delta = 0,25 \text{ мм}$  Определите амплитудное и действующее

шее значения реактивной составляющей намагничивающего тока  
Падением напряжения в первичной обмотке пренебречь

3 Первичная обмотка трехфазного трансформатора рассчитана на номинальное первичное линейное напряжение  $U_{1НЛ} = 20$  кВ Коэффициент трансформации фазных напряжений  $k_{12} = 1,1$  Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной –  $\Delta$  Определите линейные и фазные первичные и вторичные напряжения



4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора Направление намотки обмоток одинаковое Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора

5 Рассчитайте параметры Т-образной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальными мощностью  $S_H = 16$  кВ·А и линейными напряжениями  $U_{1НЛ} = 0,66$  кВ,  $U_{2НЛ} = 0,23$  кВ Схемы соединения обмоток первичной –  $\Delta$ , вторичной – Y Ток холостого хода  $i_0 = 5,8$  % Напряжение короткого замыкания  $u_K = 4,5$  % Потери мощности холостого хода при номинальном первичном напряжении  $p_1 = 125$  Вт, короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке  $p_{KH} = 400$  Вт

6 По исходным данным и результатам решения задачи № 5 рассчитайте и начертите внешнюю характеристику трехфазного трансформатора при работе с коэффициентом мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$

7 Для трехфазного трансформатора с данными, приведенными в задаче № 5, определите коэффициент загрузки  $k_{j\max}$ , при котором КПД трансформатора максимален Коэффициент мощности во вторичной обмотке  $\cos \varphi_2 = 0,8$  Рассчитайте максимальный КПД трансформатора Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два одинаковых трансформатора с напряжениями короткого замыкания  $u_K = 6,5$  % и соединением обмоток первого  $\Delta/Y-11$ , второго Y/Y-10 включены параллельно и работают в режиме холостого хода Определите токи в обмотках трансформаторов (по отношению к номинальным токам) и оцените возможность работы трансформаторов Током холостого хода трансформаторов пренебречь

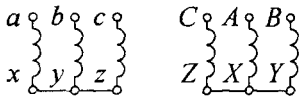
### В а р и а н т 60

1 Трансформатор предназначен для включения в сеть с первичным напряжением  $U_{1H} = 380$  В. Активное сечение стали магнитопровода  $57,6 \text{ см}^2$ , амплитуда магнитной индукции в магнитопроводе  $B_m = 1,4$  Тл. Число витков вторичной обмотки  $w_2 = 71$ . Определите коэффициент трансформации трансформатора, пренебрегая током холостого хода.

2 Известны номинальные данные однофазного трансформатора  $U_{1H} = 6$  кВ,  $S_H = 250$  кВ·А. Ток холостого хода  $i_0 = 2,3$  %, потребляемая из сети в режиме холостого хода активная мощность  $P_{1X} = 0,81$  кВт. Определите активную и реактивную составляющие намагничивающего тока. Потери мощности в первичной обмотке пренебречь.

3 Число витков в обмотке каждой фазы трехфазного трансформатора  $w_1 = 162$ ,  $w_2 = 687$ . Напряжение витка  $U_B = 18,5$  В. Определите схемы соединения обмоток, при которых возможно подключение трансформатора к сети с напряжениями  $U_{1Л} = 3$  кВ,  $U_{2Л} = 22$  кВ.

4 Определите схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора. Направление намотки обмоток одинаковое. Обозначьте схемы и группу соединения обмоток трехфазного трансформатора.



5 Известны номинальные данные трехфазного трансформатора  $U_{1HL} = 6,0$  кВ,  $U_{2HL} = 6,3$  кВ,  $S_H = 1600$  кВ·А. Обмотки соединены по схемам первичная – Y, вторичной – Δ. Из опыта короткого замыкания при номинальном токе в первичной обмотке определены напряжение короткого замыкания  $u_k = 5,5$  %, потери мощности  $p_{KH} = 16,5$  кВт. Рассчитайте сопротивления главной ветви T-образной схемы замещения. Влиянием намагничивающего контура пренебречь.

6 Определите, на сколько процентов изменится вторичное напряжение трехфазного трансформатора при номинальной нагрузке для двух значений коэффициента мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$  и  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Номинальные данные трансформатора  $S_H = 16000$  кВ·А,  $U_{1HL} = 35$  кВ,  $U_{2HT} = 6,3$  кВ. Схемы соединения обмоток первичной – Y, вторичной – Δ. Сопротивления обмоток  $r_1 = r_2' = 0,22$  Ом,  $x_1 = x_2' = 2,96$  Ом.

7 Определите максимальный КПД трехфазного трансформатора со следующими данными  $S_H = 2500 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $\cos \varphi_2 = 0,8$ , постоянные потери мощности при номинальном первичном напряжении  $p_X = 4 \text{ кВт}$  КПД трансформатора достигает максимума при коэффициенте загрузки  $k_{3\max} = 0,413$  Добавочными потерями мощности пренебречь

8 Два однофазных трансформатора с одной группой соединения обмоток и мощностями  $S_{H1} = 25 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  и  $S_{H2} = 63 \text{ кВ}\cdot\text{А}$  включены параллельно на напряжения сети  $U_{1H}/U_{2H} = 380/660 \text{ кВ}$  Напряжения короткого замыкания трансформаторов  $u_{K1} = 5 \%$ ,  $u_{K2} = 4 \%$  Общая мощность нагрузки составляет 90 % от суммарной мощности трансформаторов Определите полный ток нагрузки и распределение токов между трансформаторами Разницей активных и реактивных составляющих напряжения короткого замыкания и намагничивающими токами трансформаторов пренебречь

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Основная кривая намагничивания холоднокатаной листовой  
электротехнической стали марки 3413 (вдоль проката)

В, Тл	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Напряженность магнитного поля $H$ , А/м									
0,6	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
0,7	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128
0,8	130	132	134	136	138	140	142	144	146	149
0,9	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179
1,0	182	185	188	192	195	198	201	204	207	210
1,1	213	216	219	222	225	228	231	234	237	240
1,2	243	246	249	252	255	258	261	264	267	271
1,3	275	279	283	287	291	295	300	305	310	315
1,4	320	326	332	338	344	350	358	366	374	382
1,5	390	402	414	426	438	450	464	478	492	506
1,6	520	544	566	588	610	632	665	698	732	766
1,7	800	840	890	940	990	1040	1132	1224	1316	1408
1,8	1500	1542	1700	1922	2144	2366	2588	2820	3080	3450
1,9	3825	4200	4600	5200	5800	7000	8200	9400	10900	13400
2,0	16000	20000	25000	30000	35000	40000	—	—	—	—

## Библиографический список

1. Копылов, И.П. Электрические машины / И. П. Копылов. М.: Высш. шк.; Логос, 2000. 607 с.
2. Сергеев, Б. Н. Электрические машины. Трансформаторы / Б. Н. Сергеев, В. М. Киселев, Н. А. Акимов. М.: Высш. шк., 1989. 362 с.
3. Копылов, И. П. Электрические машины / И. П. Копылов. М.: Энергоатомиздат, 1986. 360 с.
4. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины / А. В. Иванов-Смоленский. М.: Энергия, 1980. 928 с.
5. Вольдек, А. И. Электрические машины / А. И. Вольдек. Л.: Энергия, 1978. 832 с.
6. Брускин, Д. Э., Электрические машины: Ч. 1, 2 / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. М.: Высш. шк., 1979. 288 с.; 304 с.
7. Костенко, М. П., Электрические машины: Ч. 1, 2. / М. П. Костенко, Л. М. Пиотровский. Л.: Энергия, 1973. 544 с.; 648 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Рекомендуемая литература	4
Варианты задач	5
Приложение	95
Литература	95