Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 24.01.2023 10:39:25
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г.Локтионова
2015 г.

ВЫБОР ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И РАСЧЕТ ИХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПО ДАННЫМ КАТАЛОГОВ

Задания и методические указания по выполнению расчётной работы по электротехнике

Курск 2015

УДК 621.38

Составители: А.С. Романченко, А.Л. Овчинников, О.В. Лобова

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент *В.Н. Алябьев*

Выбор электротехнических устройств и расчет их основных параметров по данным каталогов : задания и методические указания по выполнению расчетной работы по электротехнике / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.С. Романченко, А.Л. Овчинников, О.В. Лобова. - Курск, 2015. 16 с.: ил. 3. Библиогр.: с. 12.

Излагаются задания и методические рекомендации по выполнению расчетной работы. Рассматривается методика выбора понижающего трансформатора для питания трехфазных асинхронных двигателей, а также построения механической характеристики трехфазного асинхронного двигателя и расчета некоторых параметров трансформатора и двигателя по каталожным данным.

Предназначены для индивидуальной самостоятельной работы студентов технических направлений подготовки и специальностей при изучении дисциплины «Электротехника и электроника». Могут быть использованы преподавателями, ведущими практические занятия по электротехнике.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. . Уч.-изд.л. . Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Расчётная работа является одним из видов самостоятельной работы студентов. Данная работа выполняется в домашних условиях в соответствии с рабочей программой дисциплины «Электротехника и электроника» и служит развитию необходимых специалисту навыков практического использования методики выбора понижающего трансформатора для питания трехфазной нагрузки, построения механической характеристики трехфазного асинхронного двигателя и расчета некоторых параметров трансформатора и двигателя по данным каталогов, а также для стимулирования более глубокого и систематического изучения соответствующих разделов дисциплины «Электротехника и электроника» в течение семестра.

Основные цели данной работы:

1) научиться работать с каталогами электротехнических устройств и по их данным рассчитывать некоторые параметры трансформатора и трехфазного асинхронного двигателя;

2) научиться выбирать понижающий трансформатор для питания трехфазной нагрузки;

3) научиться рассчитывать и строить механическую характеристику трехфазного асинхронного двигателя.

Выполнение расчетной работы также способствует изучению стандартных методов оформления текстовой и графической расчетно-конструкторской документации.

Приступая к выполнению расчетной работы, следует повторить или изучить самостоятельно основные положения разделов «Трансформаторы» и «Асинхронные двигатели» дисциплины «Электротехника и электроника».

2. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

2.1. Расшифровать обозначение типа трехфазного асинхронного двигателя (ТАД), указанного в варианте для расчета.

2.2. По техническим данным трехфазного асинхронного двигателя (табл. П.1 в приложении) определить следующие величины:

2.2.1. Частоту вращения магнитного поля n_1.

2.2.2. Номинальный M_H, пусковой $M_П$ и максимальный M_{max} вращающие моменты.

2.2.3. Активную P_1, реактивную Q_1 и полную S_1 мощности, потребляемые двигателем.

2.2.4. Рассчитать и построить механическую характеристику двигателя – зависимость частоты вращения ротора от вращающего момента $n_2 = f(M)$.

2.3. Рассчитать, как изменится пусковой момент двигателя, если напряжение питания уменьшится на 10%.

2.4. По таблицам технических данных трехфазных трансформаторов (табл. П.2 в приложении) выбрать трансформатор для питания асинхронных двигателей, тип которых указан в варианте расчета. Количество двигателей принять равным 100 при $S_1 \leq 3$кВА или 10 при $S_1 > 3$кВА.

2.5. Расшифровать обозначение трансформатора, выбранного для питания асинхронных двигателей.

2.6. Пользуясь техническими данными трансформатора определить изменение вторичного напряжения $\Delta U_2\%$, напряжение на зажимах вторичной обмотки U_2 и коэффициент полезного действия трансформатора, считая, что двигатели работают в номинальном режиме.

Примечания:

1. Тип исходного для расчета двигателя определяется номером варианта, который выдается преподавателем.

2. Номер варианта соответствует номеру строки в таблице П.1, где приведены технические данные ТАД.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

3.1. Общие указания

Приступая к выполнению расчетной работы, следует повторить или изучить самостоятельно основные положения разделов электротехники «Трансформаторы», «Асинхронные двигатели», а также «Электрические цепи однофазного синусоидального тока».

3.2. Требования к содержанию и оформлению расчетной работы

Выполненная работа должна содержать титульный лист и расчетно-пояснительную записку. В расчетно-пояснительную записку входят:

1) задание на расчетную работу, оформляемое на первой странице записки и содержащее номер варианта, исходные данные к расчету и перечень пунктов, которые необходимо выполнить;

2) расчетная часть. Расчеты должны сопровождаться пояснениями и при необходимости ссылками на литературу. При выполнении расчетов следует использовать полную форму записи, которая должна

содержать формулу, исходные численные значения, подставленные в эту формулу, результат и сокращенное обозначение единицы измерения. Например: $S = UI = 20 \cdot 5 = 100BA$.

При расчете механической характеристики ТАД полностью приводиться расчет одной из точек, результаты расчета других точек сводятся в таблицу;

3) список используемой литературы приводится на последней странице пояснительной записки.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (210х297 мм) с учетом требований ЕСКД. Листы записки должны быть скреплены. Образец выполнения титульного листа показан на рис. 3.1.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»

Кафедра электроснабжения

РАСЧЁТНАЯ РАБОТА
по дисциплине электротехника и электроника
«Выбор электротехнических устройств и расчет их основных
параметров по данным каталогов»

Выполнил: студент группы СМ-31б В.Н. Иванов

Принял: доцент И.С. Петров

Курск - 2015

Рис. 3.1. Пример оформления титульного листа

3.3. Технические (каталожные) данные трансформаторов и трехфазных асинхронных двигателей

Технические данные трансформаторов приведены в таблице 2.2. Буквы и цифры в обозначениях типа означают (в порядке написания):

А – автотрансформатор;

Т – трехфазный трансформатор;

О – однофазный трансформатор;

Р – наличие расщепленной обмотки низшего напряжения.

После одной из этих букв следуют одна или две буквы, обозначающие систему охлаждения трансформатора. Расшифровка системы охлаждения приводится в таблице 3.1. После обозначения системы охлаждения могут стоять буквы:

Т - трехобмоточный;

Н - выполнение одной из обмоток с устройством РПН (устройство регулирования напряжения под нагрузкой).

После букв стоят цифры в виде дроби. В числителе дроби указывается номинальная мощность трансформатора в кВА, в знаменателе - класс напряжения обмотки ВН (высшего напряжения) в кВ.

Двухобмоточные масляные трансформаторы классов напряжения 6,10 и 35 кВ могут иметь низшее напряжение (НН) 0,4 кВ (все типы) и 0,69 кВ при мощностях от 0,16 до 0,62 МВ·А. Стандарт допускает изготовление трансформаторов для существующих сетей с другими значениями НН (например, 0,23 или 0,525 кВ) при увеличении потерь короткого замыкания на 5%.

В таблице 2.2 технических данных трансформаторов приведены: обозначение трансформатора, потери в режиме холостого хода P_X и в режиме короткого замыкания P_K, процентное значение напряжения короткого замыкания $U_K\%$, процентное значение тока холостого хода $i_X\%$, способы соединения обмотки ВН и обмотки НН, где знаком Y обозначается соединение звездой, знаком Δ - соединение треугольником, Y_H - соединение звездой с выводом от нейтральной точки. Кроме принятых ГОСТом обозначений, авторами в таблице 2.2 дана расшифровка цифровой части в обозначении трансформатора и приведены значения НН.

Технические данные трехфазных асинхронных двигателей приведены в таблице 2.1, где представлены технические данные серии асинхронных двигателей АИ, более экономичной по сравнению с серией 4А. В серии АИ по сравнению с серией 4А было предусмотрено применение новых материалов, имеют место новые конструктивные

решения, что позволило улучшить энергетические, пусковые и виброшумовые характеристики машин, повысить их надежность. Номинальные данные двигателей относятся к продолжительному режиму работы при питании от сети переменного тока с частотой 50 Гц. Структура обозначения асинхронных двигателей приводится на рис. 3.2. Например, расшифровка букв и цифр (в скобках) в обозначении двигателя 4АА56А2У3 – двигатель асинхронный (А); четвертой серии (4); закрытого обдуваемого исполнения, со степенью защиты 1Р44 (отсутствие буквы); ротор обычный, короткозамкнутый (отсутствие буквы); станина и щиты алюминиевые (А); высота оси вращения 56 мм (56); длина сердечника статора меньшая (А); число полюсов 2 (2); исполнение для умеренного климата (У); категория размещения 3, т.е. может размещаться в помещениях, в которых колебания температуры и влажности воздуха, а также содержание песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе (3).

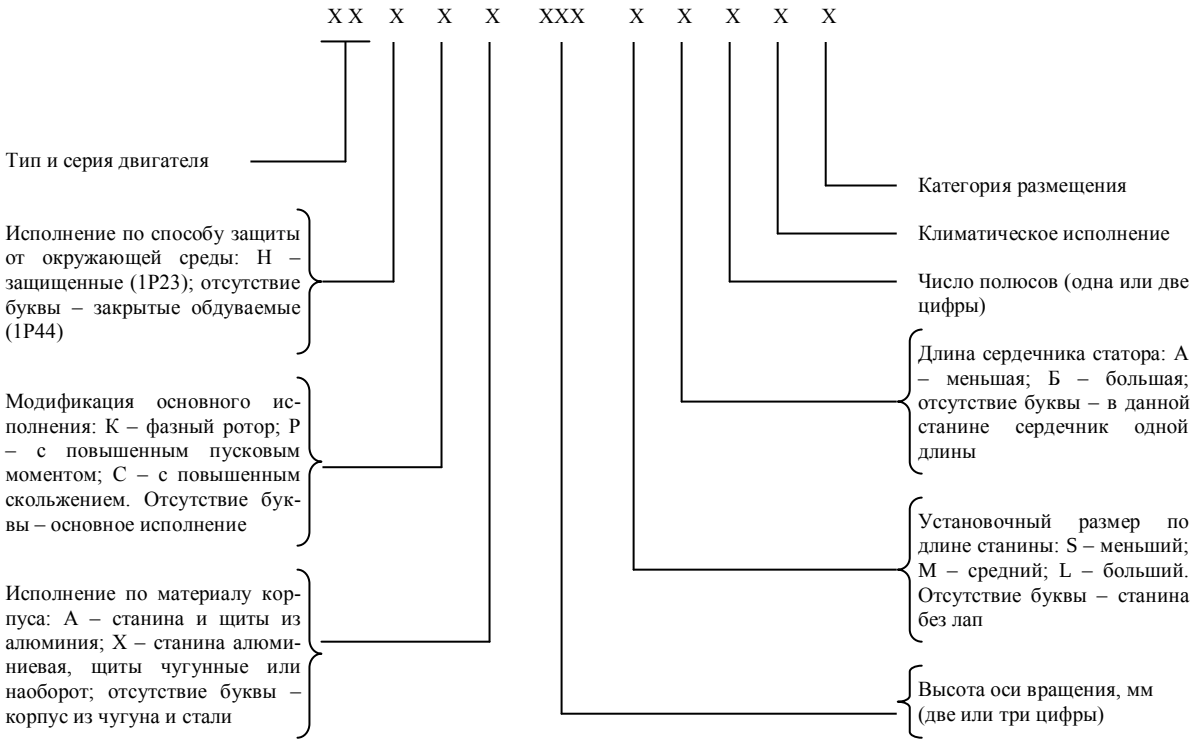

Рис. 3.2. Структура обозначения асинхронных электродвигателей

3.4. Порядок расчета некоторых параметров и построение механической характеристики ТАД

3.4.1. Частоту вращения магнитного поля статора можно определить по формуле:

$$n_1 = 60\, f_1 / p_1, \qquad (3.1)$$

где f_1 - частота тока питающей сети (берем f_1=50 Гц);

p_1 - число пар полюсов магнитного поля статора (определяют из обозначения двигателя).

В каталогах часто указывают синхронную скорость. Это и есть скорость (частота) вращения магнитного поля статора.

3.4.2. Номинальный вращающий момент ТАД можно определить по формуле:

$$M_H = 9550\frac{P_H}{n_H}, \qquad (3.2)$$

где P_H - номинальная мощность на валу двигателя (в кВт);

n_H - номинальная скорость ротора.

P_H, n_H приведены в технических данных двигателя.

Пусковой $M_П$ и максимальный $M_{\max}$ вращающие моменты определяются умножением номинального вращающего момента M_H на взятые из каталога кратность пускового момента $\frac{M_П}{M_H}$ и кратность максимального момента $k_M = \frac{M_{\max}}{M_H}$.

3.4.3. Активная P_1, реактивная Q_1 и полная S_1, мощности, потребляемые двигателем, определяются по формулам:

$$P_1 = \frac{P_H}{\eta_H}, \qquad (3.3)$$

$$S_1 = \frac{P_1}{\cos\varphi_H}, \qquad (3.4)$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2}, \qquad (3.5)$$

где η_H, $\cos\varphi_H$ - соответственно КПД и коэффициент мощности двигателя при номинальной нагрузке (берутся из каталога, т.е. таблицы 2.1).

3.4.4. Для расчета механической характеристики n_2=f(M) используется формула Клосса:

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{KP}} + \frac{s_{KP}}{s}}, \qquad (3.6)$$

где $M_{\max}$ - максимальный вращающий момент, развиваемый двигателем;

S_{KP} - критическое скольжение;

S - скольжение, соответствующее различным значениям вращающего момента.

Критическое скольжение определяется по формуле:

$$s_{KP} = s_H\left(k_M + \sqrt{k_M^2 - 1}\right), \qquad (3.7)$$

где $k_M = \frac{M_{\max}}{M_H}$ - кратность максимального момента;

S_H - номинальное скольжение, которое определяется по формуле:

$$s_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1}. \qquad (3.8)$$

Для построения рабочего участка механической характеристики (участок 1-2 на рис. 3.3) задаются в формуле (3.6) рядом значений скольжения S в пределах $(0 \ldots S_{KP})$ и рассчитываются величины моментов, соответствующих заданным скольжениям. В пояснительной записке приводится расчет одной из точек механической характеристики. Результаты расчета остальных точек (8-10 точек) приводятся в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчета точек механической характеристики

S	-								S_{KP}
M	$Н \cdot м$								
n_2	$об/мин$								

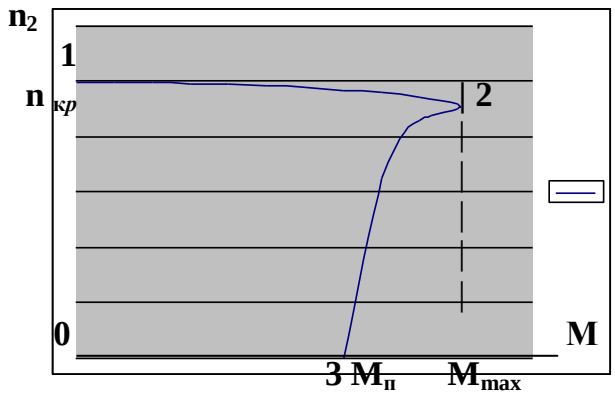

Рис. 3.3. Механическая характеристика ТАД

На участке механической характеристики двигателя, соответствующему пуску и останову двигателя (участок 2-3 на рис. 3.3) формула Клосса несправедлива. Для построения этого участка на оси моментов откладывают точку с координатами $M = M_П$, $n_2 = 0$, которую со-

единяют с точкой рабочего участка механической характеристики с координатами $n_2 = n_{KP}$, $M = M_{\max}$ плавной кривой или прямой линией.

При построении механической характеристики масштаб для обоих участков 1-2, 2-3 по оси частоты вращения следует выдержать один и тот же. Масштабы по осям рекомендуется выбирать так, чтобы кривая механической характеристики практически вписывалась в квадрат.

3.4.5. Расчет вращающего момента двигателя при снижении напряжения питания на 10% по пункту 2.3 задания следует проводить следующим образом. При снижении напряжения питания на 10% к двигателю будет подведено напряжение $U = 0{,}9U_{НОМ}$. Величина вращающего момента двигателя пропорциональна квадрату напряжения. Следовательно, можно составить пропорцию, из которой и определяется новое значение пускового момента.

$$\frac{M'_{П}}{M_{П}} = \frac{(0{,}9U_{НОМ})^2}{U^2_{НОМ}}. \qquad (3.9)$$

3.4.6. Выбор трансформатора для питания асинхронных двигателей и расчет его некоторых параметров по данным каталога производят по величине полной мощности $S_Н$, потребляемой двигателем в номинальном режиме.

Если $S_{НОМ} \le 3кВА$, расчет ведут для 100 двигателей, если получилось $S_{НОМ} > 3кВА$ - расчет ведут для десяти двигателей. По рассчитанному значению полной мощности для 10 или 100 двигателей и выбирают трансформатор таким образом, чтобы

$$S_T \ge S_{\Sigma ТАД}$$

Тип трансформатора выбирают по таблице П.2.

Выбранный трансформатор должен иметь коэффициент нагрузки $1 > \beta \ge 0{,}8$. Если с помощью одного трансформатора невозможно обеспечить требуемый коэффициент нагрузки, следует взять два трансформатора меньшей мощности, которые будут работать параллельно. Коэффициент нагрузки определяют следующим образом

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2\,НОМ}}, \qquad (3.10)$$

где I_2 - ток, потребляемый двигателями;

$I_{2\,НОМ}$ - номинальный ток вторичной обмотки трансформатора.

Ток, потребляемый двигателями, определяем по полной мощности и линейному напряжению питания двигателей

$$I_2 = \frac{S_{НОМ} \cdot k}{\sqrt{3} \cdot U}, \qquad (3.11)$$

где $S_{НОМ}$ - полная номинальная мощность одного двигателя;

k - количество двигателей;

U - линейное напряжение питания двигателя (большее из напряжений, приведенных в таблице П.1).

Номинальный ток трансформатора

$$I_2 = \frac{S_{НОМ.Т.}}{\sqrt{3} \cdot U_{Н.НОМ}}, \qquad (3.12)$$

где $S_{НОМ.Т.}$ - номинальная полная мощность трансформатора (при параллельной работе трансформаторов мощности складываются),

$U_{Н.НОМ}$ - низшее напряжение трансформатора.

Коэффициент полезного двигателя действия трансформатора определяется по формуле

$$\eta = \left(1 - \frac{P_X + \beta^2 P_K}{\beta \cdot S_{НОМ} \cos\varphi_2 + P_X + \beta^2 P_K}\right) \cdot 100, \qquad (3.13)$$

где P_X, P_K, $S_{НОМ}$ - технические данные трансформатора берутся из таблицы П.2;

$\cos\varphi_2$ - коэффициент мощности ТАД.

Процентное значение изменения вторичного напряжения трансформатора рассчитывается по формуле

$$\Delta U \approx \beta\left(U_{КА}\cos\varphi_2 + U_{КР}\sin\varphi_2\right), \qquad (3.14)$$

В этой формуле $U_{КА}$ - процентное значение активной составляющей напряжения короткого замыкания, $U_{КР}$ - процентное значение реактивной составляющей напряжения короткого замыкания.

$$U_{КА} = U_К \cos\varphi_К, \qquad (3.15)$$

где $\cos\varphi_К$ - коэффициент мощности трансформатора в режиме короткого замыкания.

В свою очередь

$$\cos\varphi_К = \frac{P_К}{S_К}, \qquad (3.16)$$

где полная мощность потребляемая трансформатором в режим короткого замыкания равна

$$S_К = \frac{U_К\% \cdot U_{В.НОМ}}{100} \cdot I_{1НОМ}, \qquad (3.17)$$

$$I_{1НОМ} \approx \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{В.НОМ}}. \qquad (3.18)$$

Реактивная составляющая напряжения короткого замыкания определяется по формуле

$$U_{KP} = \sqrt{U_K^2 - U_{KA}^2}\,. \qquad (3.19)$$

Значение $\sin\varphi_2$, входящее в уравнение (3.14), определяют через $\cos\varphi_2$ - коэффициент мощности ТАД по известным формулам тригонометрии.

Величина напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора определяется по формуле

$$U_2 = U_{н.ном}\left(1 - \frac{\Delta U}{100}\right). \qquad (3.20)$$

Полученное напряжение должно не более чем на 5% отличаться от напряжения питания двигателя. Если отклонение больше, надо рекомендовать к использованию трансформатор с РПН.

Если вместо одного трансформатора взяты два одинаковых трансформатора, то в формулу (3.12) ставится удвоенная полная мощность $S_{ном.т.}$. Если вместо одного трансформатора взяты два разных по мощности трансформатора (при этом у них должны быть одинаковыми $U_{ВН}$, $U_{НН}$, $U_К$%, схема и группа соединения обмоток), то в формулу (3.12) ставится сумма полных мощностей выбранных трансформаторов, а затем расчет КПД и изменение вторичного напряжения рассчитываются для каждого трансформатора отдельно при одном и том же коэффициенте нагрузки β.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касаткин А.С. Курс электротехники [Текст]: учебник / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – 8-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2005. - 542 с.

2. Иванов И.И. Электротехника [Текст]: учебное пособие. - С-Пб.: Лань, 2009. - 496 с.

3. Рекус Г.Г. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники [Текст]: учебное пособие / Г.Г. Рекус, А.И. Белоусов. - М.: Директ-Медиа, 2014. - 417 с. / Университетская библиотека ONLINE – http: // biblioclub.ru/

4. Жарова Т.А. Практикум по электротехнике [Текст]: учебное пособие. - С-Пб.: Лань, 2009. - 127 с.

Приложение 1

Таблица П.1 – Технические данные двигателей

№ п/п	Тип двигателя	$P_{ном}$, кВт	При номинальной нагрузке			$M_{max}/M_{ном}$	$M_{П}/M_{ном}$	$M_{min}/M_{ном}$	$I_{н}/I_{ном}$	U_{Δ}/U_{Y}
			Об/мин	КПД %	cos φ					
1	АИР71А2	0,75	2840	78,5	0,83	2,2	2,0	1,6	6	220/380
2	АИР71В2	1,10	2810	79,0	0,83	2,2	2,0	1,6	6,0	220/380
3	АИР80А2	1,50	2850	81,0	0,85	2,2	2,0	1,6	7	220/380
4	АИР80И2	2,20	2850	83,0	0,87	2,2	2,0	1,6	7,0	220/380
5	АИР90L2	3,00	2840	84,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7	220/380
6	АИР100S2	4,00	2880	87,0	0,88	2,2	2,0	1,6	7,5	220/380
7	АИР100L2	5,50	2880	88,0	0,89	2,2	2,0	1,6	7,5	220/380
8	АИР71А4	0,55	1390	70,5	0,70	2,2	2,0	1,6	5	220/380
9	АИР71В4	0,75	1390	73,0	0,73	2,2	2,0	1,6	5	220/380
10	АИР80В4	1,10	1420	75,0	0,81	2,2	2,0	1,6	5,5	220/380
11	АИР80В4	1,50	1415	78,0	0,83	2,2	2,0	1,6	5,5	220/380
12	АИР90L4	2,20	1425	81,0	0,83	2,2	2,0	1,6	6,5	220/380
13	АИР100S4	3,00	1435	82,0	0,83	2,2	2,0	1,6	7	220/380
14	АИР100L4	4,00	1430	85,0	0,84	2,2	2,0	1,6	7	220/380
15	АИР71А6	0,37	910	65,0	0,66	2,2	2,0	1,6	4,5	220/380
16	АИР71В6	0,55	900	68,0	0,70	2,2	2,0	1,6	4,5	220/380
17	АИР80А6	0,75	915	70,0	0,72	2,2	2,0	1,6	4,5	220/380
18	АИР80В6	1,10	920	74,0	0,74	2,2	2,0	1,6	4,5	220/380
19	АИР90L6	1,50	935	76,0	0,72	2,2	2,0	1,6	6,0	220/380
20	АИР100L6	2,20	950	81,0	0,74	2,2	2,0	1,6	6,0	220/380
21	АИР80А2-ОМ2 АИР80А2Б-ОМ2	1,50	2850	81,0	0,85	2,2	2,0	1,2	7,0	220/380
22	АИР80В2-ОМ2 АИР80В2Б-ОМ2	2,20	2850	83,0	0,87	2,2	2,0	1,2	7,0	220/380
23	АИР80А4-ОМ2 АИР80А4Б-ОМ2	1,10	1420	75,0	0,81	2,2	2,0	1,6	5,5	220/380
24	АИР80В4-ОМ2 АИР80В4Б-ОМ2	1,50	1415	78,0	0,83	2,2	2,0	1,6	5,5	220/380
25	АИР80А6-ОМ2 АИР80А8Б-ОМ2	0,75	915	70,0	0,72	2,2	2,0	1,6	4,5	220/380
26	АИР80В6-ОМ2 АИР80В6Б-ОМ2	1,10	920	74,0	0,74	2,2	2,0	1,6	4,5	220/380
27	АИИ90SА2	0,75	2840	77,0	0,80	3,0	2,0	1,2	7,5	220/380
28	АИИ90SВ2	1,10	2810	79,0	0,82	3,0	2,0	1,2	7,5	220/380
29	АИИ90SВ4	0,75	1390	78,0	0,80	2,5	2,0	1,2	7,5	220/380
30	АИИ90SВ6	0,55	900	76,0	0,98	2,5	2,0	1,2	4,8	220/380
31	АИИ100S6	0,75	915	78,0	0,73	2,5	2,0	1,2	5,0	220/380
32	АИИ112S4	2,20	1425	84,5	0,84	2,5	2,0	1,2	7,5	220/380
33	АИИ112S6	1,10	920	82,0	0,76	2,5	2,0	1,2	6,6	220/380
34	АИР112М2У3 АИРХ112М2У3	7,50	2900	87,5	0,88	2,2	2,0	1,6	7,5	220/380
35	АИР112М2У3 АИРХ112М4У3	5,50	1445	85,5	0,86	2,2	2,0	1,6	7,0	220/380
36	АИР112МА6У3 АИРХ112МА6У3	3,00	955	81,0	0,76	2,2	2,0	1,6	6,0	220/380

37	АИР112МВ6У3 АИРХ112МВ6У3	4,00	950	82,0	0,81	2,2	2,0	1,6	6,0	220/380
38	АИР112МА8У3 АИРХ112МА8У3	2,20	780	76,5	0,71	2,2	1,8	1,4	6,0	220/380
39	АИР112МВ8У3 АИРХ112МВ8У3	3,00	700	79,0	0,74	2,2	1,8	1,4	6,0	220/380
40	АИР132М2У3 АИРХ132М2У3	11,0	2900	88,0	0,90	2,2	1,6	1,2	7,5	220/380
41	АИР132S4У3 АИРХ132S4У3	7,50	1455	87,5	0,86	2,2	2,0	1,6	7,5	220/380
42	АИР132М4У3 АИРХ132М4У3	11,0	1460	87,5	0,87	2,2	2,0	1,6	7,5	220/380
43	АИР132S6У3 АИРХ132S6У3	5,50	985	85,0	0,80	2,2	2,0	1,6	7,0	220/380
44	АИР132М6У3 АИРХ132М6У3	7,50	970	85,5	0,81	2,2	2,0	1,6	7,0	220/380
45	АИР132S8У3 АИРХ132S8У3	4,00	720	83,0	0,70	2,2	2,0	1,6	7,0	220/380
46	АИР132М8У3 АИРХ132М8У3	5,50	720	83,0	0,74	2,2	1,8	1,4	6,0	220/380
47	АИ280S4У3	110,0	1470	93,5	0,91	2,2	1,6	1,0	6,5	380/660
48	АИ280М4У3	132,0	1480	94,0	0,93	2,4	1,6	1,0	6,5	380/660
49	АИ280S6У3	75,0	985	92,5	0,90	2,2	1,3	1,0	6,5	380/660
50	АИ280М6У3	90,0	985	93,0	0,90	2,4	1,4	1,0	6,5	380/660
51	АИ280S8У3	55,0	735	92,0	0,86	2,2	1,3	1,0	6	380/660
52	АИ280М8У3	750	735	93,0	0,87	2,2	1,4	1,0	6	380/660
53	АИ280S10У3	37,0	590	91,0	0,79	2,3	1,3	0,9	6	380/660
54	АИ280М10У3	45,0	590	91,5	0,79	2,1	1,4	0,9	6	380/660
55	АИ315S4У3	160,0	1480	93,5	0,91	2,0	1,4	1	5,5	380/660
56	АИ315М4У3	200,0	1480	94,0	0,92	2,0	1,4	0,9	5,5	380/660
57	АИ315S6У3	110,0	985	93,0	0,92	2,3	1,4	1	6	380/660
58	АИ315М6У3	132,0	985	93,5	0,90	2,3	1,4	1	6,5	380/660
59	АИ315S8У3	90,0	740	93,0	0,85	2,2	1,2	1	6	380/660
60	АИ315М8У3	110,0	740	93,0	0,86	2,2	1,1	0,9	6	380/660
61	АИ315S10У3	55,0	590	92,0	0,83	2,3	1,4	0,9	6,5	380/660
62	АИ315М10У3	75,0	590	92,0	0,83	2,3	1,3	0,9	6	380/660
63	АИ315S12У3	45,0	490	90,5	0,75	1,8	1,1	0,9	6	380/660
64	АИ315М12У3	55,0	490	91,0	0,75	1,8	1,1	0,9	6	380/660
65	АИ355S42У3	250,0	1485	94,5	0,92	2,0	1,4	0,9	7	380/660
66	АИ355М42У3	315,0	1485	94,5	0,92	2,0	1,4	0,9	7	380/660
67	АИ355S62У3	160,0	985	94,0	0,90	2,0	1,6	1	7	380/660
68	АИ355М62У3	200,0	985	94,5	0,90	2,0	1,6	0,9	7	380/660
69	АИ355S82У3	132,0	740	93,5	0,85	2,0	1,2	0,9	6,5	380/660
70	АИ355М82У3	160,0	740	93,5	0,85	2,0	1,2	0,9	6,5	380/660
71	АИ355S102У3	90,0	590	92,5	0,83	1,9	1,1	0,9	6	380/660
72	АИ355М102У3	110,0	590	93,0	0,83	1,9	1,1	0,9	6	380/660
73	АИ355S122У3	75,0	490	91,5	0,76	1,9	1,1	0,9	6	380/660
74	АИ355М122У3	90,0	490	92,0	0,76	1,9	1,1	0,9	6	380/660

Таблица П.2 – Технические данные трансформаторов

#	Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном.}$, кВ		Потери, кВт		$U_к$ %	$i_х$ %	Схема и группа соединения обмоток
			ВН	НН	$P_х$	$P_к$			
1	ТСЗ-160/10	160	10	0,4	0,7	2,7	5,5	4	У/Ун-0
2	ТСЗ-250/10	250	10	0,4	1	3,8	5,5	3,5	У/Ун-0
3	ТСЗ-250/10	250	10	0,69	1	3,8	5,5	3,5	У/Ун-0
4	ТСЗ-400/10	400	10	0,4	1,3	5,4	5,5	3	У/Ун-0
5	ТСЗ-400/10	400	10	0,69	1,3	5,4	5,5	3	У/Ун-0
6	ТСЗ-630/10	630	10	0,4	2	7,3	5,5	1,5	У/Ун-0
7	ТСЗ-630/10	630	10	0,69	2	7,3	5,5	1,5	У/Ун-0
8	ТСЗ-1000/10	1000	10	0,4	3	11,2	5,5	1,5	У/Ун-0
9	ТСЗ-1000/10	1000	10	0,69	3	11,2	5,5	1,5	У/Ун-0
10	ТСЗ-1600/10	1600	10	0,4	4,2	16	5,5	1,5	У/Ун-0
11	ТСЗ-1600/10	1600	10	0,69	4,2	16	5,5	1,5	У/Ун-0
12	ТМ- 25/10	25	10	0,4	0,13	0,6	4,5	3,2	У/Ун-0
13	ТМ -40/10	40	10	0,4	0,175	0,88	4,5	3	У/Ун-0
14	ТМ -6310	63	10	0,4	0,24	1,28	4,5	2,8	У/Ун-0
15	ТМ -100/10	100	10	0,4	0,33	1,97	4,5	2,6	У/Ун-0
16	ТМ -160/10	160	10	0,4	0,51	2,65	4,5	2,4	У/Ун-0
17	ТМ -160/10	160	10	0,69	0,51	3,1	6,5	2,4	Д/Ун-11
18	ТМФ -160/10	160	10	0,4	0,51	2,65	4,5	2,4	У/Ун-0
19	ТМФ-160/10	160	10	0,69	0,51	3,1	4,5	2,4	Д/Ун-11
20	ТМ-160/35	160	35	0,4	0,62	2,65	6,5	2,4	У/Ун-0
21	ТМ-160/35	160	35	0,69	0,62	3,1	6,5	2,4	Д/Ун-11
22	ТМ -250/10	250	10	0,4	0,74	3,7	6,5	2,3	У/Ун-0
23	ТМ -250/10	250	10	0,69	0,74	4,2	6,5	2,3	Д/Ун-11
24	ТМ- 400/10	400	10	0,4	0,95	5,5	4,5	2,1	У/Ун-0
25	ТМ- 400/10	400	10	0,69	0,95	5,9	4,5	2,1	Д/Ун-11
26	ТМФ-400/10	400	10	0,4	0,95	5,5	4,5	2,1	У/Ун-0
27	ТМФ-400/10	400	10	0,69	0,95	5,9	4,5	2,1	Д/Ун-11
28	ТМН-400/35	400	35	0,4	1,2	5,5	6,5	2,1	У/Ун-0
29	ТМН-400/35	400	35	0,69	1,2	5,9	6,5	2,1	Д/Ун-11
30	ТМ- 630/10	630	10	0,4	1,31	7,6	5,5	2	У/Ун-0
31	ТМ- 630/10	630	10	0,69	1,31	9,5	5,5	2	Д/Ун-11
32	ТМН-630/10	630	10	0,4	1,31	7,6	5,5	2	У/Ун-0
33	ТМН-630/10	630	10	0,69	1,31	8,5	5,5	2	Д/Ун-11
34	ТМ- 630/35	630	35	0,4	1,31	7,6	5,5	2	У/Ун-0
35	ТМ- 630/35	630	35	0,69	1,31	8,5	5,5	2	Д/Ун-11
36	ТМН-630/35	630	35	0,4	1,31	7,6	5,5	2	У/Ун-0
37	ТМН-630/35	630	35	0,69	1,31	8,5	5,5	1,4	Д/Ун-11
38	ТМН-1000/10	1000	10	0,4	2,45	12,2	5,5	1,4	У/Ун-0
39	ТМН-1000/10	1000	10	0,69	2,45	12,2	5,5	1,4	Д/Ун-11
40	ТМ-1000/35	1000	35	0,4	2,2	12,2	6,5	1,4	У/Ун-0

41	ТМ-1000/35	1000	35	0,69	2,2	12,2	6,5	1,4	У/Ун-0
42	ТМ-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	1,3	У/Ун-0
43	ТМ-1600/10	1600	10	0,69	3,3	18	5,5	1,3	Д/Ун-11
44	ТМН-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	1,3	У/Ун-0
45	ТМН-1600/10	1600	10	0,69	3,3	18	5,5	1,3	Д/Ун-11
46	ТМ-2500/10	2500	10	0,4	4,6	26	5,5	1	Д/Ун-11
47	ТМ-2500/10	2500	10	0,69	4,6	26	5,5	1	Д/Ун-11
48	ТМН-2500/10	2500	10	0,4	4,6	23,5	5,5	1	Д/Ун-11
49	ТМН-2500/10	2500	10	0,69	4,6	23,5	5,5	1	Д/Ун-11

Примечание: Д – соединение обмоток треугольником, У – соединение обмоток звездой (Ун – с нейтральной точкой)