

Документ подписан простой электронной подписью

1

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 25.09.2022 14:45:17

Уникальный идентификатор:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения



## ВЫБОР ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И РАСЧЕТ ИХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПО ДАННЫМ КАТАЛОГОВ

Задания и методические указания по выполнению расчётной  
работы по электротехнике

Курск 2015



## 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 необходимым 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  $M_{\Pi}$  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  $S_1 \leq 3 \text{кВА}$  или 10 при  $S_1 > 3 \text{кВА}$ .

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:  $S = UI = 20 \cdot 5 = 100 \text{ВА}$ .

При расчете механической характеристики ТАД полностью приводится 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 (210x297 мм) с учетом требований ЕСКД. Листы записки должны быть скреплены. Образец выполнения титульного листа показан на рис. 3.1.

<b>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</b>	
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»	
Кафедра электроснабжения	
<b>РАСЧЁТНАЯ РАБОТА</b>	
по дисциплине электротехника и электроника «Выбор электротехнических устройств и расчет их основных параметров по данным каталогов»	
Выполнил: студент группы СМ-316	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  $\Delta$  - соединение треугольником,  $Y_N$  - 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 4AA56A2Y3 – двигатель асинхронный (А); четвертой серии (4); закрытого обдуваемого исполнения, со степенью защиты IP44 (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).

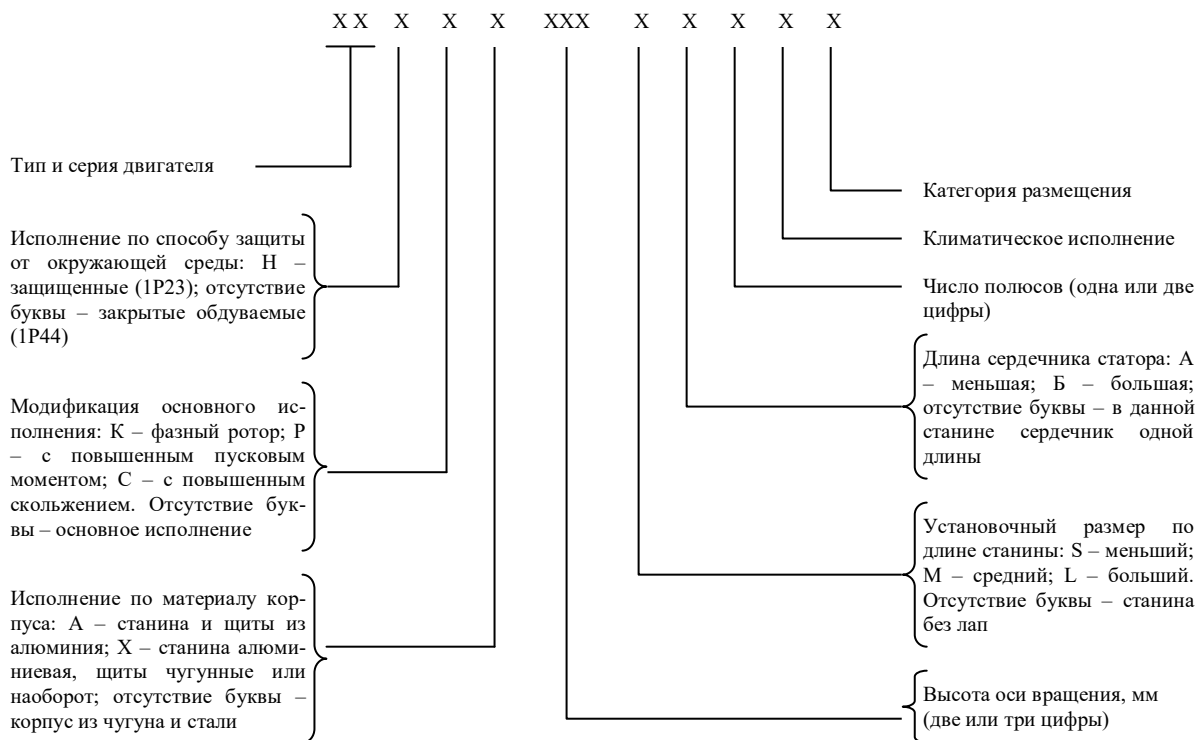


Рис. 3.2. Структура обозначения асинхронных электродвигателей

### 3.4. Порядок расчета некоторых параметров и построение механической характеристики ТАД

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

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

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:

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

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  $M_{\Pi}$  и максимальный  $M_{\max}$  вращающие моменты определяются умножением номинального вращающего момента  $M_H$  на взятые из каталога кратность пускового момента  $\frac{M_{\Pi}}{M_H}$  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:

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

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

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

где  $\eta_H, \cos \varphi_H$  - 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:

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

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

$s_{KP}$  - критическое скольжение;



$s$  - скольжение, соответствующее различным значениям вращающего момента.

Критическое скольжение определяется по формуле:

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

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

$s_H$  - номинальное скольжение, которое определяется по формуле:

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

Для построения рабочего участка механической характеристики (участок 1-2 на рис. 3.3) задаются в формуле (3.6) рядом значений скольжения  $s$  в пределах  $(0 \dots s_{KP})$  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

$s$	-								$s_{KP}$
$M$	$H \cdot m$								
$n_2$	об/мин								

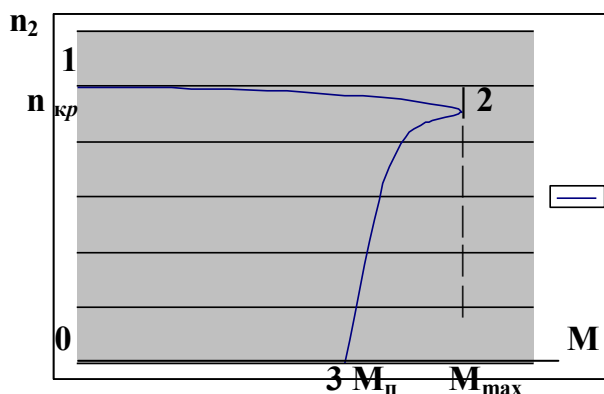


Рис. 3.3. Механическая характеристика ТАД

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  $M = M_{II}$ ,  $n_2 = 0$ , 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.

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

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

Если  $S_{НОМ} \leq 3кВА$ , 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

$$S_T \geq S_{\Sigma ТАД}$$

Тип трансформатора выбирают по таблице П.2.

Выбранный трансформатор должен иметь коэффициент нагрузки  $1 > \beta \geq 0,8$ . 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

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

где  $I_2$  - ток, потребляемый двигателями;

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

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

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

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

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

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

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

Коэффициент полезного действия трансформатора определяется по формуле

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

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

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

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

$$U_{КА} = U_K \cos \varphi_K, \quad (3.15)$$

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

В свою очередь

$$\cos \varphi_K = \frac{P_K}{S_K}, \quad (3.16)$$

где полная мощность потребляемая трансформатором в режим короткого замыкания равна

$$S_K = \frac{U_K \% \cdot U_{В.НОМ} \cdot I_{1НОМ}}{100}, \quad (3.17)$$

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

Реактивная составляющая напряжения короткого замыкания определяется по формуле

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

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

$$U_2 = U_{H.NOM} \left( 1 - \frac{\Delta U}{100} \right). \quad (3.20)$$

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  $U_{ВН}$ ,  $U_{НН}$ ,  $U_K\%$ , 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  $\beta$ .

## 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/](http://biblioclub.ru/)
4. Жарова Т.А. Практикум по электротехнике [Текст]: учебное пособие. - С-Пб.: Лань, 2009. - 127 с.



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 <sub>НОМ</sub> , кВА	U <sub>НОМ.</sub> , кВ		Потери, кВт		U <sub>к</sub> %	i <sub>х</sub> %	Схема и группа соединения обмоток
			ВН	НН	P <sub>х</sub>	P <sub>к</sub>			
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 -63/10	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/У <sub>Н</sub> -0
42	ТМ-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	1,3	У/У <sub>Н</sub> -0
43	ТМ-1600/10	1600	10	0,69	3,3	18	5,5	1,3	Д/У <sub>Н</sub> -11
44	ТМН-1600/10	1600	10	0,4	3,3	18	5,5	1,3	У/У <sub>Н</sub> -0
45	ТМН-1600/10	1600	10	0,69	3,3	18	5,5	1,3	Д/У <sub>Н</sub> -11
46	ТМ-2500/10	2500	10	0,4	4,6	26	5,5	1	Д/У <sub>Н</sub> -11
47	ТМ-2500/10	2500	10	0,69	4,6	26	5,5	1	Д/У <sub>Н</sub> -11
48	ТМН-2500/10	2500	10	0,4	4,6	23,5	5,5	1	Д/У <sub>Н</sub> -11
49	ТМН-2500/10	2500	10	0,69	4,6	23,5	5,5	1	Д/У <sub>Н</sub> -11

Примечание: Д – соединение обмоток треугольником, У – соединение обмоток звездой (У<sub>Н</sub> – с нейтральной точкой)