

ЗАО «ГК «Электрощит» - ТМ Самара»  
Производство «Русский трансформатор»

---

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель технического  
отдела производства  
«Русский трансформатор»

 Р.С. Сургаев

« 16 » июля 2015 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор производства  
«Русский трансформатор»

 С.Г. Фадеев

« 17 » 7 2015 г.

**Трансформаторы**  
**распределительные масляные типов ТМ и ТМГ**  
**мощностью 100 - 2500 кВА, классов напряжения**  
**15 кВ, 20 кВ и 35 кВ**


**ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

(справочная)

**ОРТ.135.025 ТИ**

**РАЗРАБОТАЛ:**

Инженер-конструктор КОРТ  
производства  
«Русский трансформатор»

 Ф.А. Куликов

« 14 » июля 2015 г.

Самара

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ.....	3
1.1 Назначение .....	3
1.2 Условное обозначение трансформаторов .....	4
1.3 Технические данные.....	5
2. УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРА .....	5
2.1 Активная часть.....	5
2.1.1 Магнитопровод .....	6
2.1.2 Обмотки .....	7
2.1.3 Отводы .....	9
2.1.4 Переключающее устройство .....	9
2.2 Бак .....	9
2.3 Трансформаторное масло .....	11
3. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПОЛНЕНИЯ И КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	11
4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ.....	12
4.1 Схемы и группы соединения обмоток .....	12
4.2 Электрические параметры обмоток.....	13
5. НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	14
5.1 Нагрузочная способность трансформаторов.....	14
5.2 Нормальный продолжительный режим нагрузок .....	16
5.3 Режим неаварийных систематических перегрузок .....	17
6. ИСТОЧНИКИ ШУМА В ТРАНСФОРМАТОРАХ .....	21
7. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, СИГНАЛЬНЫЕ, ЗАЩИТНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	22
7.1 Маслоуказатель.....	24
7.2 Термометр .....	25
7.3 Клапан сброса давления.....	26
7.4 Воздухоосушитель .....	27
7.5 Газовое реле .....	28
7.6 Мановакуумметр .....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	37

**Приведённые технические данные носят справочный характер. Разработчик оставляет за собой право вносить изменения при совершенствовании конструкции.**

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

### 1.1 Назначение

Распределительный трансформатор – понижающий трансформатор с мощностью в трёх фазах до 2500 кВА включительно, класса напряжения изоляции 15 , 20 и 35 кВ, с отдельными обмотками высокого и низкого напряжения, с напряжением распределительной сети до 1 кВ, питающей непосредственных потребителей электроэнергии.

**Трансформатор как преобразователь энергии полностью обратим. Первичной может быть любая обмотка, независимо от её расположения относительно стержня. Один и тот же трансформатор может быть как повышающим, так и понижающим.**

Распределительные трансформаторы серии –11 классов напряжения 15, 20 и 35 кВ выпускаются серийно. Класс напряжения 15 кВ: основное номинальное напряжение обмоток ВН – 15 кВ. Класс напряжения 20 кВ: основное номинальное напряжение обмоток ВН – 20,00 кВ. Класс напряжения 35 кВ: основное номинальное напряжение обмоток ВН – 35 кВ. Основное номинальное напряжение обмоток НН – 0,40 кВ.

Серия трансформаторов 11 - модернизированная на основе новых теоретических и конструкторских разработок и опыта уже освоенного производства предыдущих серий.

Основные конструктивные исполнения серийных трансформаторов по внешнему конструктивному строению:

ТМГ – трансформатор герметичный без расширителя, увеличение объёма масла при нагреве воспринимается упругими гофрами (рис 1.1).

ТМ – трансформатор с расширителем, увеличение объема масла при нагреве воспринимается расширителем. Данное исполнение для трансформаторов серии 35 кВ предусмотрено на мощности 1600 кВА и выше.



Рис. 1.1. Трансформатор герметичный без расширителя ТМГ

## 1.2 Условное обозначение трансформаторов

Условное обозначение трансформаторов следующее.

Т М (Г) - СЭЩ- XXX/ XX - 11 X 1; X / X; X / X- X	
	Группа соединений
	Схема соединения НН
	Схема соединения ВН
	Напряжение обмотки НН, кВ
	Напряжение обмотки ВН, кВ
	Категория размещения
	Климатическое исполнение
	Номер серии
	Класс напряжения, кВ
	Номинальная мощность, кВА
	Зарегистрированный товарный знак изготовителя
	Герметичное исполнение (при наличии символа)
	Естественная циркуляция масла
	Трехфазный

Пример условного обозначения трансформатора герметичного исполнения, мощностью 630 кВА, исполнения –11, с напряжением на стороне ВН –

35.00 кВ, на стороне НН – 0.40 кВ, схемой и группой соединения Y/Y<sub>Н</sub>-0, климатическим исполнением - УХЛ, категорией размещения – 1 при заказе и в документации другого изделия: **«Трансформатор ТМГ-СЭЩ-630/35-11 УХЛ1; 35.00/0.40; Y/Y<sub>Н</sub>-0 ТУ 3411-102-15356352-2009».**

### 1.3 Технические данные

Основные технические данные распределительных масляных трансформаторов классов напряжения 15, 20 и 35 кВ приведены в таблице 1.1 Приложения 1. Габаритные и установочные размеры, масса трансформаторов приведены: для напряжения 15 и 20 кВ в Приложении 2; для класса напряжения 35 кВ в Приложении 3.

## 2. УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРА

В конструкцию трансформаторов входят следующие составные части:

- активная часть (магнитопровод, обмотки, изоляция, отводы, вводы (изоляторы), переключатель);
- корпус бака;
- контрольно-измерительные, сигнальные и защитные устройства;
- вспомогательные устройства.

### 2.1 Активная часть

Активная часть трансформатора – то место, где происходит непосредственное преобразование электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения, посредством наведённого в магнитной системе магнитного потока.

Главные элементы активной части: обмотки и магнитная система (магнитопровод). Активная часть распределительных трансформаторов состоит из следующих узлов (рис. 2.1):

- а) магнитопровода;
- б) обмотки высокого напряжения ВН;
- в) обмотки низкого напряжения НН;
- г) отводов ВН и НН;
- д) крышки бака;
- е) сборочных единиц и деталей изоляции;
- ж) переключающего устройства,
- з) изоляционных вводов высокого и низкого напряжения.

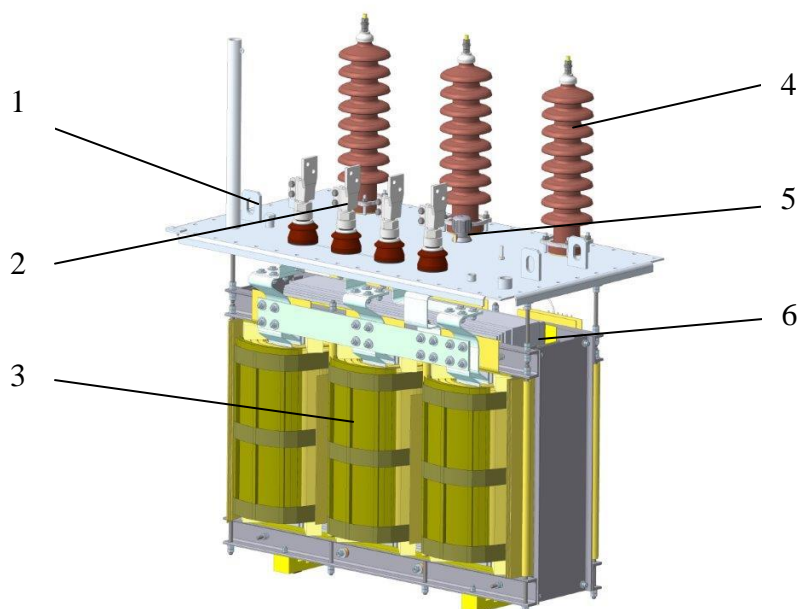


Рис. 2.1 Активная часть в сборе. 1 – крышка бака; 2 – ввод НН; 3 – блок обмоток ВН – НН; 4 – ввод ВН; 5 – переключатель; 6 – магнитопровод.

### 2.1.1 Магнитопровод

Магнитопровод трансформатора является конструктивной и механической основой активной части (рис. 2.2). Основная часть магнитопровода – магнитная система, которая состоит из вертикальных стержней, перекрытых сверху и внизу горизонтальными ярами, в результате чего образуется замкнутая магнитная цепь.



Рис. 2.2 Магнитопровод в сборе. 1 – магнитная система, 2 – прессующая балка, 3 – стяжная шпилька вертикальная, 4 – стяжная шпилька горизонтальная, 5 – ступенчатая основа

### 2.1.2 Обмотки

Обмотки трансформаторов слоевые, расположены на стержне в следующем порядке, считая от стержня – обмотка НН (низкого напряжения) (рис. 2.3), обмотка ВН (высокого напряжения) (рис. 2.4).

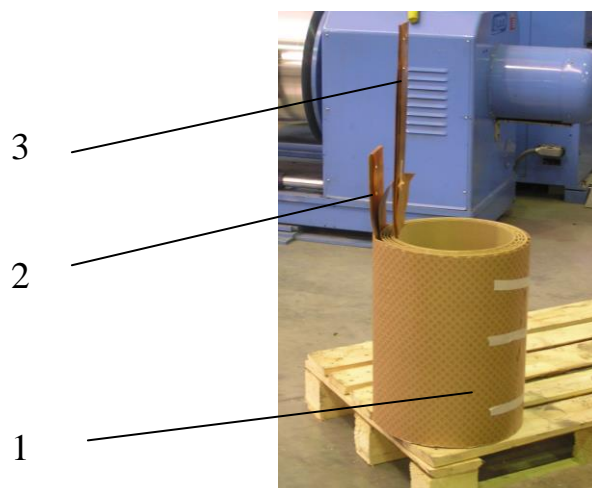


Рис. 2.3. Обмотка НН в сборе. 1 – обмотка, 2 – фазный отвод, 3 – линейный отвод

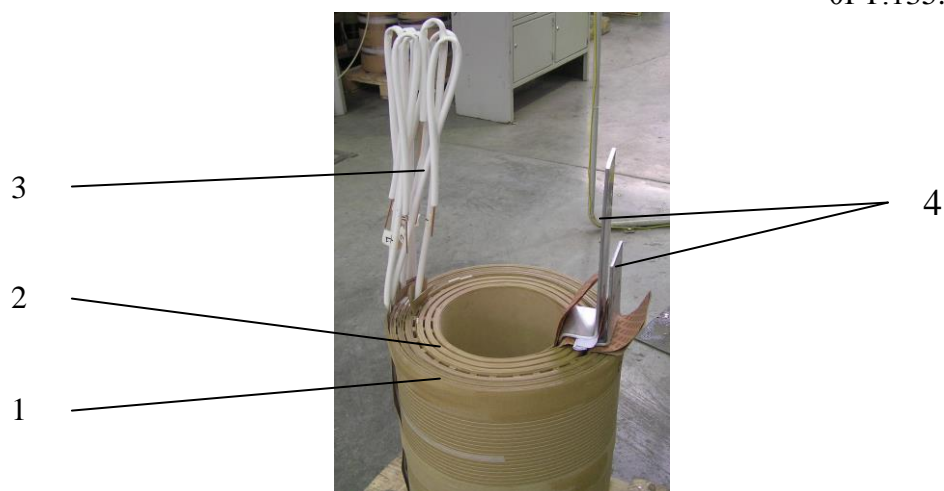


Рис. 2.4. Блок обмоток ВН-НН в сборе. 1 – обмотка ВН, 2 – обмотка НН, 3 – отводы ВН, 4 – отводы НН

Обмотки НН выполняются из алюминиевой ленты и бумажной межслоевой изоляцией, обмотки ВН – из алюминиевого провода круглого сечения с эмалевой изоляцией или прямоугольного сечения с бумажной изоляцией. Межслоевая изоляция из кабельной бумаги. Прессовка обмоток осуществляется стяжкой ярмовых балок вертикальными шпильками.

Материал проводников обмоток: алюминий (плотность –  $\gamma_{ал} = 2700$  кг/м<sup>3</sup>, удельное электрическое сопротивление при 75 °С –  $\rho_{ал75} = 0,0342$  Ом\*мм<sup>2</sup>/м).

В обмотках ВН предусмотрены отпайки для переключения чисел витков и изменения коэффициента трансформации в пределах  $\pm 2 \times 2.5\%$ .

Регулирование напряжения осуществляется переключением без возбуждения (ПВВ) отпаяк трансформатора (**при полностью отключенном трансформаторе**) (табл. 2.1).



Таблица 2.1 Регулирование напряжения стороны ВН при различных положениях переключателя

Положение переключателя	% регулирования	Регулирование для номинального напряжения ВН, В		
		15000	20000	35000
1	105.0	15750	21000	36750
2	102.5	15375	20500	35865
3	100.0	15000	20000	35000
4	97.5	14625	19500	34125
5	95.0	14250	19000	33250

### 2.1.3 Отводы

Отводы представляют собой промежуточные токоведущие элементы, обеспечивающие соединение обмоток с вводами и переключающим устройством в требуемую электрическую схему.

Соединения обмоток ВН выполняются гибким медным проводом марки ПМГ.

Соединения НН – алюминиевыми шинами прямоугольного сечения.

### 2.1.4 Переключающее устройство

В распределительных трансформаторах регулирование напряжения производится без возбуждения, при отключенном трансформаторе рукояткой, установленной на крышке бака, путем соединения соответствующих ответвлений обмоток ВН.

## 2.2 Бак

Бак трансформатора представляет собой металлическую сварную конструкцию прямоугольной формы и состоит из следующих узлов:

а) корпуса;

б) крышки (конструктивно относится к активной части).

Корпус (рис. 6) состоит из следующих узлов и деталей

а) каркаса корпуса (верхней рамы);

б) гофрированных стенок;

в) дна.



Рис. 2.5 Корпус бака трансформатора

К дну приварены два опорных швеллера. На дне баке предусмотрен вентиль слива масла и два контакта заземления.

Механическая прочность бака трансформаторов ТМ рассчитана на избыточное давление не более  $25^{+5}$  кПа, бака трансформаторов ТМГ рассчитана на избыточное давление не более  $45^{+5}$  кПа и вакуум с остаточным давлением не более  $70^{+5}$  кПа.

На крышке бака трансформатора ТМГ установлены: вводы ВН и НН, рукоятка привода переключателя, маслоуказатель, термометр, клапан сброса давления. На крышке трансформаторов ТМ установлены: вводы ВН и НН, рукоятка привода переключателя и расширитель, на котором расположены: маслоуказатель, осушитель и клапан. (Осушитель поставляется в комплекте с трансформатором и устанавливается непосредственно на месте эксплуатации.)

Наружная поверхность корпуса окрашена полиэфирной порошковой краской светло-серого цвета.

Соединение крышки и корпуса бака в разъёме – болтовое, уплотнение разъёма – прокладки из маслобензостойкой резины.

### 2.3 Трансформаторное масло

Масло в трансформаторе выполняет две функции: электрической изоляции и передачи тепла от нагретых частей к охлаждающим устройствам.

Применяются трансформаторные масла марок ГК (ТУ 38.101.1025-85), ВГ (ТУ 38.401.978- 93), арктического АГК (ТУ 38.101.1271-85).

Величина пробивного напряжения, основного контролируемого параметра, характеризующего качество трансформаторного масла – не менее 35 кВ/мм. Определение пробивного напряжения производится в стандартном разряднике в соответствии с ГОСТ 6581-75.

## 3. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПОЛНЕНИЯ И КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Трансформаторы могут эксплуатироваться при внутренней и наружной установке в районах с умеренным, умеренно-холодным и тропическим климатом, при этом:

- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- режим работы – длительный;
- климатическое исполнение «У», «УХЛ» или «Т», категория размещения 1 (наружная) по ГОСТ 15150.

Климатическое исполнение умеренное «У»: температура окружающего воздуха от минус 45°С до плюс 40°С; относительная влажность воздуха (по ГОСТ 15543.1) не более 80%; при 15°С и 100% при 25°С.

Климатическое исполнение умеренно-холодное «УХЛ»: температура окружающего воздуха от минус 60°C до плюс 40°C; относительная влажность воздуха (по ГОСТ 15543.1) не более 80% при 15°C и 100% при 25°C.

Климатическое исполнение тропическое «Т»: температура окружающего воздуха от минус 10°C до плюс 50°C; относительная влажность воздуха (по ГОСТ 15543.1) не более 98% при 27°C и 100% при 35°C.

#### 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ

##### 4.1 Схемы и группы соединения обмоток

В трёхфазных трансформаторах классов напряжения 15, 20 кВ и 35 кВ обмотки разных фаз соединяются между собой различным схемным образом, в «звезду» (обозначение Y), «треугольник» (обозначение D), причём схемы «звезда» на стороне НН как правило имеет выведённую нейтраль (обозначение  $Y_n$ ).

Основные применяемые в распределительных трансформаторов схемы и группы соединения обмоток: Y/Y<sub>n</sub>-0; D/Y<sub>n</sub>-11 (рис. 4.1).

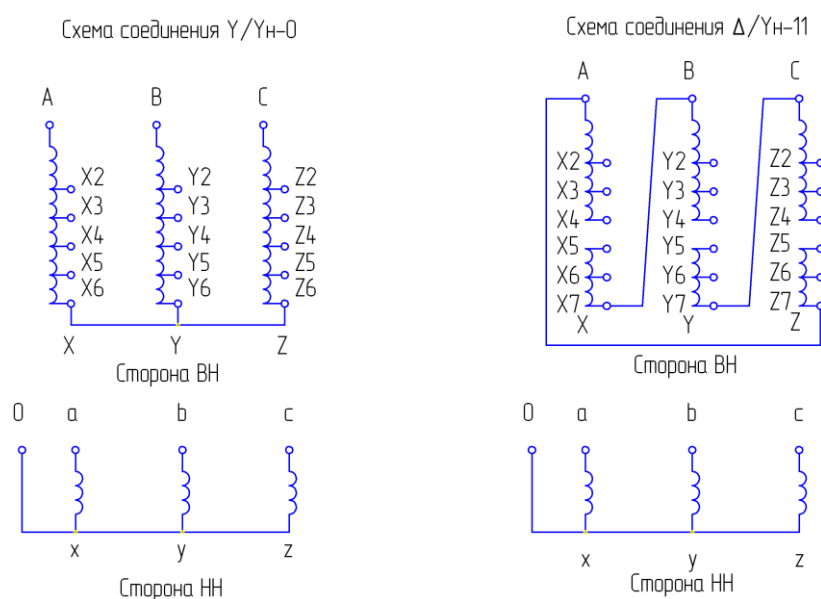


Рис. 4.1 Основные применяемые схемы и группы соединения обмоток

## 4.2 Электрические параметры обмоток

В трёхфазных обмотках трансформаторов различают фазное напряжение, приложенное к самим обмоткам, и линейное напряжение на выводах. В схеме соединения «звезда» линейное напряжение в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного, так как оно приложено сразу к обмоткам двух соседних фаз. В схеме «треугольник» линейное напряжение равно фазному.

Основные линейные электрические параметры трёхфазных трансформаторов служат для проведения расчётов сетевых режимов работы и строятся на основе однофазных схем замещения.

Сопротивление КЗ фазы трансформатора со стороны обмотки НН:

$$Z_k = (u_k / 100) \cdot U_{нф}^2 / S_{нф}, \text{ Ом},$$

где  $u_k$  – напряжение короткого замыкания, %,  $U_{н.ф}$  – фазное низкое напряжение, В,  $S_{н.ф}$  – мощность на фазу трансформатора, ВА .

Активное сопротивление КЗ фазы трансформатора со стороны обмотки НН:

$$R_k = P_{кф} / (I_n^2), \text{ Ом},$$

где  $P_{кф}$  – потери короткого замыкания на фазу трансформатора, Вт,  $I_n$  – номинальный ток в обмотке НН, А.

Индуктивное сопротивление КЗ фазы трансформатора со стороны обмотки НН:

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}, \text{ Ом},$$

Сетевые линейные электрические параметры распределительных масляных трансформаторов серии -11 стороны обмотки НН приведены в таблице 4.1

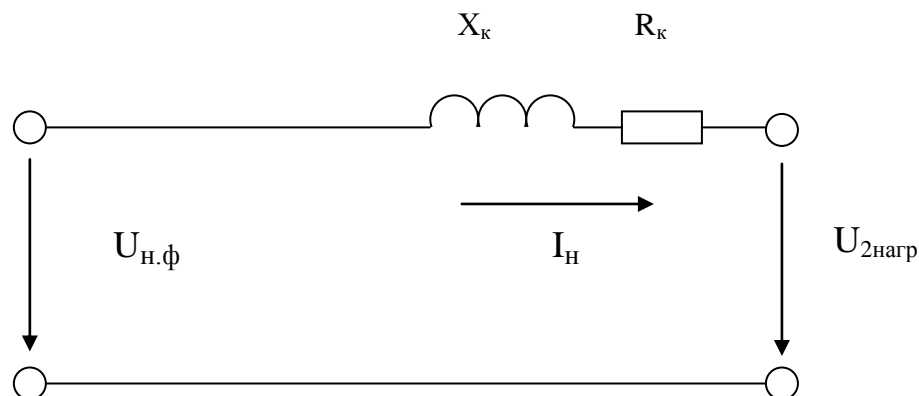


Рис. 4.2. Электрическая однофазная сетевая схема Трансформатора

Таблица 4.1 Сетевые линейные электрические параметры трансформаторов классов напряжения 15, 20, 35 кВ со стороны обмотки НН

Обозначение трансформатора	Фазные сопротивления короткого замыкания, мОм		
	Полное $Z_k$	Индуктивное $X_k$	Активное $R_k$
ТМГ-100/35(20)-11	104.00	99.46	30.40
ТМГ-160/35(20)-11	65.00	61.85	20.00
ТМГ- 250/35(20)-11	41.60	40.50	9.47
ТМГ-400/35(20)-11	26.00	25.20	6.40
ТМГ-630/35(20)-11	16.51	16.15	3.42
ТМГ-1000/35(20)-11	10.40	10.22	1.92
ТМ(Г)-1600/35-01	7.00	6.91	1.13
ТМ(Г)-2500/35-01	4.61	4.57	0.64

## 5. НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ

### 5.1 Нагрузочная способность трансформаторов

Нагрузка трансформатора определяется величиной тока во вторичной обмотке трансформатора.

В действительных условиях эксплуатации у большинства трансформаторов нагрузка никогда не бывает постоянной, она изменяется как в течение суток, так и в течение года. Поэтому нагрузочная способность трансформатора, работающего с максимумом изменяющейся нагрузки, равным номинальной мощности, используется недостаточно. Нагрузочная способность трансформатора может быть использована значительно лучше, если максимум изменяющейся нагрузки превышает номинальную мощность.

В нормальных условиях нагрева изоляция класса А (105°С), которая применяется в трансформаторах, постепенно теряет свои первоначальные свойства под воздействием температуры, происходит её старение. При этом, пока изоляция не потеряла механической прочности, электрическая прочность ее сохраняется на первоначальном уровне. Но как только изоляция трансформатора потеряла свою механическую прочность, стала сухой и хрупкой, она под действием вибрации при нормальной работе и динамических усилий при коротких замыканиях сравнительно легко разрушается, в результате чего могут возникнуть пробой изоляции и замыкание витков между собой.

Естественным сроком службы трансформатора, установленного на открытом воздухе и работающего непрерывно с номинальной нагрузкой, называется продолжительность работы, после которой изоляция трансформатора, по существу, является уже непригодной и трансформатор находится с этого времени под постоянной угрозой аварии.

**При нагрузках, близких к номинальной мощности, срок службы трансформатора не менее 30 лет. Нормальный срок службы изоляции при номинальном режиме работы – 30 лет.** Чем больше перегрузки по току, то есть чем выше температура изоляции, при которой она работает, тем скорее она теряет свои механические и электрические свойства, подвергается большему износу, старению. Срок службы трансформатора сокращается.

Согласно ГОСТ 14209 при определении ресурса работы трансформа-

тора исходят из следующих принятых положений:

**Повышение температуры, при которой работает изоляция, на каждые 6 °С увеличивает скорость старения изоляции вдвое. Износ изоляции при неизменной температуре растет прямо пропорционально времени.**

Различают следующие режимы нагрузок, характеризующиеся степенью уменьшения срока службы изоляции:

- нормальный продолжительный режим нагрузок, при которых происходит сокращение срока службы изоляции;
- режим систематических неаварийных нагрузок с чередующимися периодами недогрузки и перегрузки, при которых не происходит сокращения срока службы изоляции;
- режим аварийных нагрузок, при которых происходит запланированное сокращение срока службы изоляции.

## 5.2 Нормальный продолжительный режим нагрузок

При нормальном продолжительном режиме нагрузок - нагрузочный ток в течение длительного периода времени, порядка более суток, значительно не изменяется. Допустимые токовые нагрузки при различных температурах окружающей среды приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 Допустимые нагрузки при нормальном продолжительном режиме работы

Температура охлаждающей среды, °С	Превышение температуры наиболее нагретой точки, °С	Допустимый коэффициент нагрузки
- 25	123	1.37
- 20	118	1.33
- 10	108	1.25
0	98	1.17



Продолжение таблицы 5.1

10	88	1.09
20	78	1.00
30	68	0.91
40	58	0.81

### 5.3 Режим неаварийных систематических перегрузок

Допустимые систематические нагрузки трансформатора с естественным масляным охлаждением без сокращения срока службы изоляции (с нормальным сокращением срока службы изоляции в терминах ГОСТ 14209) характеризуются эквивалентным двухступенчатым графиком суточной нагрузки трансформатора с начальной нагрузкой, меньшей, чем номинальная, и периодом перегрузки. График систематической суточной нагрузки трансформатора с нормальным сокращением срока службы приведён на рис. 5.1.

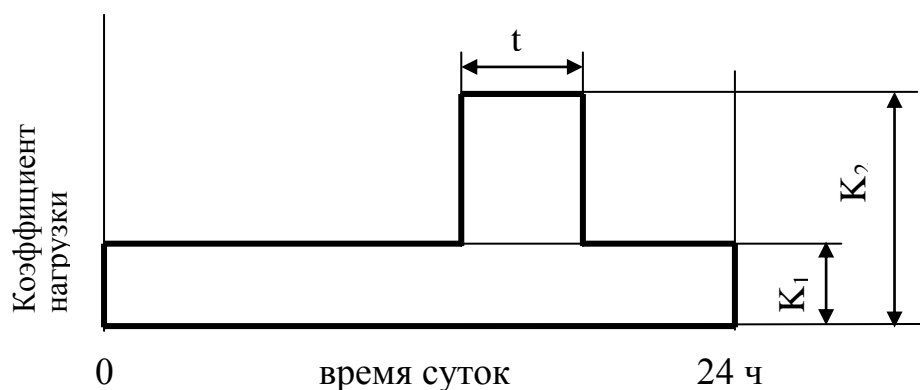


Рис. 5.1 Эквивалентный двухступенчатый график нагрузки

На рисунке 5.1 обозначены:

$K_1$  – коэффициент начальной нагрузки (отношение рассматриваемого начального тока к номинальному току),

$K_2$  – коэффициент превышения нагрузки (отношение рассматриваемого максимального тока к номинальному току),

$t$  – время работы трансформатора на максимальной ступени.

В таблицах 5.2 – 5.9 приведены значения  $K_2$  и  $t$  при различных значениях  $K_1$  и температуры окружающей среды  $\Theta_a$ .

Таблица 5.2 Отношение токов ступени максимальной нагрузки  $K_2$  при температуре окружающей среды  $\Theta_a = -25$  °С

t, ч	$K_1$								
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
4.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
8.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
24.0	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37

Таблица 5.3 Отношение токов ступени максимальной нагрузки  $K_2$  при температуре окружающей среды  $\Theta_a = -20$  °С

t, ч	$K_1$								
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
4.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.43
8.0	1.50	1.50	1.50	1.49	1.48	1.47	1.45	1.43	1.37
24.0	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Таблица 5.4 Отношение токов ступени максимальной нагрузки  $K_2$  при температуре окружающей среды  $\Theta_a = -10$  °С

t, ч	$K_1$								
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

Продолжение таблицы 5.4

1.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
4.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.47	1.39
8.0	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.38	1.36	1.32
24.0	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

Таблица 5.5 Отношение токов ступени максимальной нагрузки К2 при температуре окружающей среды  $\Theta_a = 0\text{ }^\circ\text{C}$ 

t, ч	K <sub>1</sub>						
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.46
4.0	1.50	1.50	1.49	1.47	1.44	1.40	1.33
8.0	1.36	1.35	1.33	1.32	1.31	1.29	1.25
24.0	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17

Таблица 5.6 Отношение токов ступени максимальной нагрузки К2 при температуре окружающей среды  $\Theta_a = 10\text{ }^\circ\text{C}$ 

t, ч	K <sub>1</sub>					
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40
4.0	1.46	1.43	1.40	1.37	1.33	1.27
8.0	1.27	1.26	1.24	1.23	1.21	1.18
24.0	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09

Таблица 5.7 Отношение токов ступени максимальной нагрузки К2 при температуре окружающей среды  $\Theta_a = 20\text{ }^\circ\text{C}$

t, ч	K <sub>1</sub>					
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00
1.0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00
2.0	1.50	1.50	1.49	1.43	1.34	1.00
4.0	1.37	1.34	1.29	1.25	1.19	1.00
8.0	1.18	1.17	1.15	1.13	1.10	1.00
24.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Таблица 5.8 Отношение токов ступени максимальной нагрузки К2 при температуре окружающей среды  $\Theta_a = 30\text{ }^\circ\text{C}$

t, ч	K <sub>1</sub>				
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90
0.5	1.50	1.50	1.50	1.50	1.12
1.0	1.50	1.50	1.50	1.45	1.03
2.0	1.50	1.45	1.35	1.26	0.97
4.0	1.27	1.23	1.17	1.11	0.94
8.0	1.09	1.07	1.04	1.01	0.92
24.0	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

Таблица 5.9 Отношение токов ступени максимальной нагрузки К2 при температуре окружающей среды  $\Theta_a = 40\text{ }^\circ\text{C}$

t, ч	K <sub>1</sub>			
	0.25	0.50	0.70	0.80
0.5	1.50	1.50	1.50	1.01
1.0	1.50	1.50	1.35	0.92
2.0	1.39	1.31	1.17	0.86
4.0	1.16	1.11	1.02	0.83
8.0	0.99	0.96	0.91	0.82

## Продолжение таб лица 5.9

24.0	0.81	0.81	0.81	0.81
------	------	------	------	------

## 6. ИСТОЧНИКИ ШУМА В ТРАНСФОРМАТОРАХ

Шум трансформаторного оборудования оказывает неблагоприятное воздействие на экологию в местах его установки. Это обстоятельство диктует ужесточение норм экологической безопасности и соответствующих требований, предъявляемых к трансформаторам.

Основной шумовой характеристикой является звуковое давление, определяющее звуковое состояние окружающей источник звука среды

Для уровня звукового давления

$$L = 20 \lg(p/p_0) , \text{ дБ} ,$$

где  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па – опорное значение уровня звукового давления, соответствующее порогу слышимости,  $p$  – звуковое давление, Па.

Шум трансформаторов вызывается вибрацией активной части.

Вибрация активной части обусловлена:

- магнитострикцией в электротехнической стали,
- колебаниями пластин в стыках магнитопровода от магнитных сил,
- колебаниями обмоток от электродинамических сил.

В трансформаторах с естественной системой охлаждения преобладает магнитострикционная составляющая вибрации. Шум в распределительных трансформаторах обусловлен в большей мере явлением магнитострикции, то есть деформацией кристаллической решетки магнитного материала при его намагничивании.

Уровень звуковой мощности обеспечивается:

- применением наиболее качественной электротехнической стали 3408,

- высокой точностью раскроя листов электротехнической стали на линиях продольной и поперечной резки и качеством шихтовки магнитопровода,
- намоткой обмоток на станках автоматической намотки с натягом,
- качественной прессовкой активной части стяжными шпильками через пресующие балки.

## 7. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, СИГНАЛЬНЫЕ, ЗАЩИТНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Контрольно-измерительные, сигнальные и защитные устройства предназначены для контроля состояния распределительного трансформатора при его эксплуатации. К ним относятся:

- маслоуказатель (указатель уровня масла в баке);
- предохранительный клапан (клапан сброса давления масла в баке);
- термометр;
- мановакуумметр;
- газовое реле.

Эти устройства могут как входить в стандартный состав комплектации трансформатора, так и поставляться по требованию заказчика. Комплектация трансформаторов различных типов контрольно-измерительными, сигнальными и защитными устройствами отображена в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Применимость контрольных, сигнальных и защитных устройств в распределительных трансформаторах классов напряжения 15, 20, 35 кВ различных конструктивных исполнений

Обозначение трансформатора	Приборы и оборудование							
	Маслоуказатель поплавковый	Маслоуказатель стрелочный	Маслоуказатель стрелочный электроконтакт.	Предохранительный кланан	Термометр стрелочный	Термометр Электро-контактный	Мановакууметр	Газовое реле
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТМГ-100/20-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-100/35-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-160/20-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-160/35-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-250/20-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-250/35-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-400/20-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-400/35-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-630/20-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-630/35-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-1000/20-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-1000/35-11	**			**	*	**	**	
ТМГ-1600/35-01	**			**		**	**	
ТМ-1600/35-01		**	**	**		**		**
ТМГ-2500/35-01	**			**		**	**	
ТМ-2500/35-01		**	**	**		**		**

Примечание: \*\* - стандартная комплектация, \* - комплектация по требованию заказчика

## 7.1 Маслоуказатель

Маслоуказатель служит для контроля уровня масла в баке трансформатора при температурных изменениях его объема, связанных с изменением нагрузки трансформатора и температуры окружающей среды. Поставляется установленным на трансформатор.

Маслоуказатель поплавкового типа СН-45 (или его аналог) с поплавком в прозрачной полимерной колбе располагается на крышке бака герметичного трансформатора ТМГ (рис. 7.1).



Рис. 7.1 Маслоуказатель поплавкового типа СН-45

Маслоуказатели стрелочного типа LA14 (или его аналог) (рис. 7.2) с электрическими контактами для связи с внешними сигнализирующими устройствами располагается на боковой стенке расширителя трансформаторов ТМ мощностью от 1600 кВА.





Рис. 7.2 Маслоуказатель стрелочного типа **LA14**

## 7.2 Термометр

Термометр предназначен для контроля температуры верхних слоёв масла. Устанавливается на крышке бака в термометрическую трубку. Термометр поставляется в комплекте с трансформатором и устанавливается непосредственно на месте эксплуатации.

Термометр стрелочный типа ТБП-63 (рис. 7.3) располагается на крышке бака трансформаторов ТМ(Г)



Рис. 7.3 Термометр стрелочный типа **ТБП-63**

Термометр электроконтактный типа ТКП-100Эк-М1 (рис. 7.5) с электрическими контактами для связи с внешними сигнализирующими устройствами располагается на крышке бака.

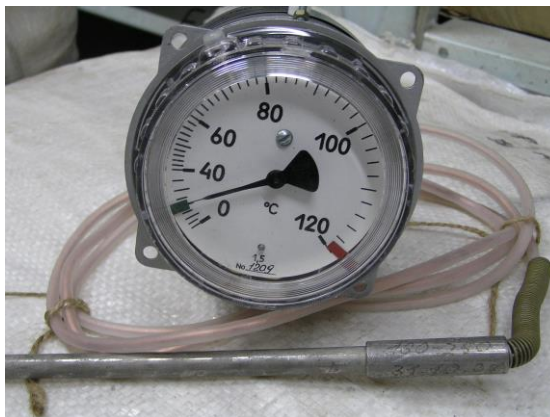


Рис. 7.4 Термометр электроконтактный типа **ТКП-100Эк-М1**

### 7.3 Клапан сброса давления

Клапан сброса давления служит для защиты бака трансформатора от разрушения, связанного с ростом в нём внутреннего давления, которое возникает при разложении масла от электрической дуги и бурном выделении газов. Как только давление в баке достигает определённого для прибора значения, клапан открывается и давление в баке сбрасывается.

Клапан сброса давления 25 VG (или его аналог) (рис. 7.5) служит для защиты бака герметичного трансформатора ТМГ.



Рис. 7.5 Клапан сброса давления **25 VG**

Клапан сброса давления 5CO (или его аналог) (рис. 7.6) служит для защиты бака трансформатора с расширителем ТМ и устанавливается на расширителе.



Рис. 7.6 Клапан сброса давления **5CO**

#### 7.4 Воздухоосушитель

Воздухоосушитель EM1DB (или его аналог) (рис. 7.7). устанавливается на трансформаторах мощностью от 1600 до 2500 кВА включительно.



Рис. 7.7 Воздухоосушитель **EM1DB**

## 7.5 Газовое реле

Газовое реле С01Н (или его аналог) (рис. 7.8) применяется для защиты и отключения масляных трансформаторов в случае образования газов в масле при искровом разряде или дуге между токоведущими и заземлёнными частями, при витковом коротком замыкании. Реле устанавливается на маслопроводе между баком и расширителем. Действующими элементами реле являются два поплавка, предназначенные для реагирования на заполнения реле газами, и заслонка клапана, работающая под действием струи масла. При возникновении дефекта газы, образующиеся в баке, поступают через маслопровод в полость реле. Верхний поплавок опускается и замыкает контакты вторичной цепи, действующей на сигнал. При дальнейшем поступлении в реле газа или воздуха начинает работать второй поплавок, действующий на отключение трансформатора.



Рис. 7.8 Газовое реле **С01Н**



**ПРИЛОЖЕНИЕ 1****ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕРИИ –  
11 КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ 35 кВ, 20 кВ И 15 кВ**

Таблица 2.1 Основные технические данные распределительных трансформаторов классов напряжения 35 кВ, 20 кВ и 15 кВ

Обозначение	Номинальная мощность, кВА	Схема и группа соединения обмоток	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %
1	2	4	5	6	7	8
ТМГ-СЭЩ-100/35(20)-11	100	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	430	1900	6.5	3.0
ТМГ-СЭЩ -160/35(20)-11	160	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	450	3200	6.5	3.0
ТМГ-СЭЩ -250/35(20)-11	250	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	650	3700	6.5	2.2
ТМГ-СЭЩ -400/35(20)-11	400	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	900	6400	6.5	2.0
ТМГ-СЭЩ -630/35(20)-11	630	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	1150	8500	6.5	1.6
ТМГ-СЭЩ -1000/35(20)-11	1000	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	1700	12000	6.5	1.4
ТМ(Г) -СЭЩ -1600/35-01	1600	Y/Y <sub>H</sub> -0 D/Y <sub>H</sub> -11	2500	18000	7.0	1.3
ТМ(Г) -СЭЩ -2500/35-01	2500	Y/Y <sub>H</sub> -0	3900	25000	7.2	1.0

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

**ГАБАРИТНЫЕ, УСТАНОВОЧНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕРИИ –11 КЛАССОВ НАПРЯЖЕНИЯ 20 кВ И 15 кВ**

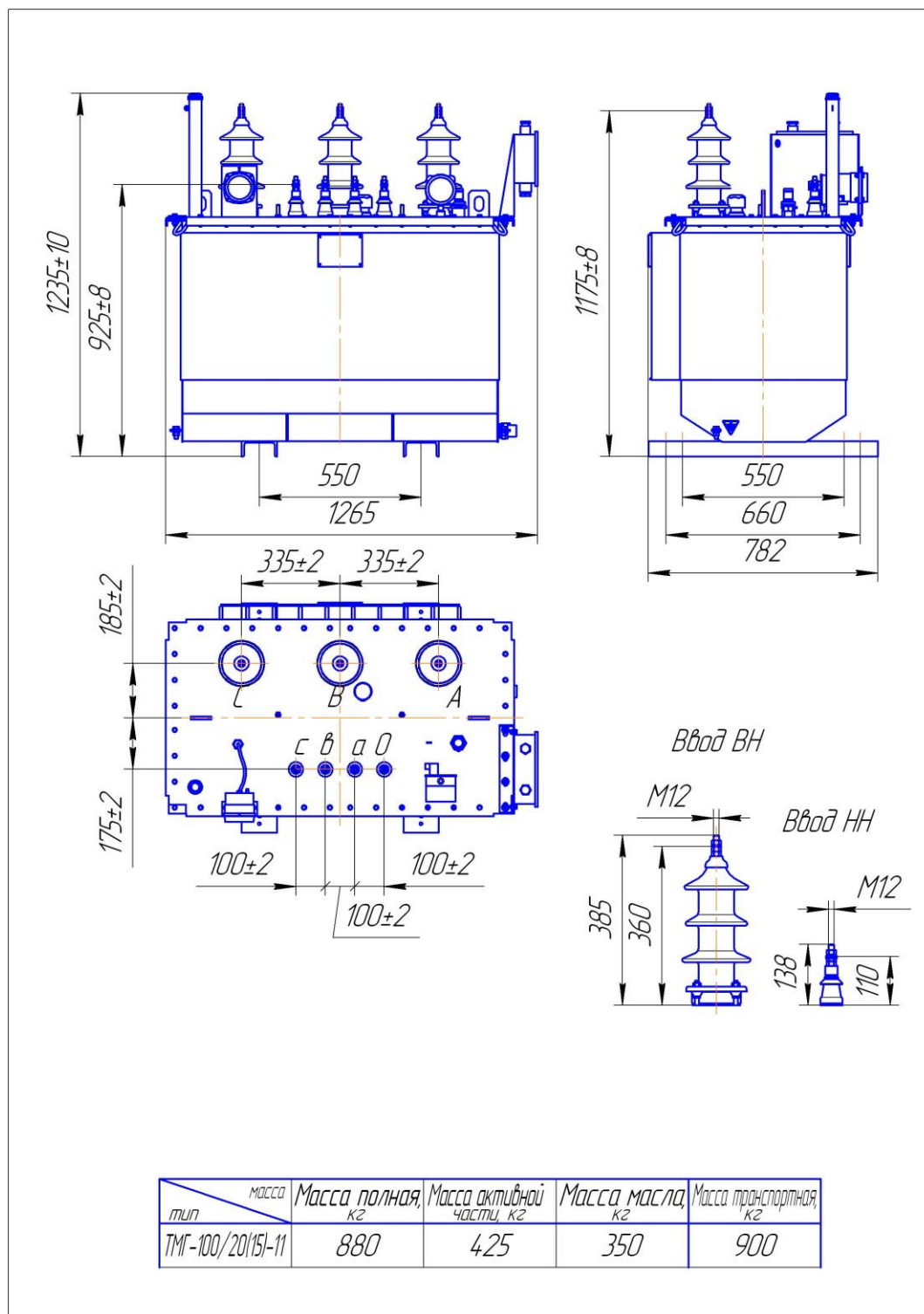


Рис. 2.1 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 100/20-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

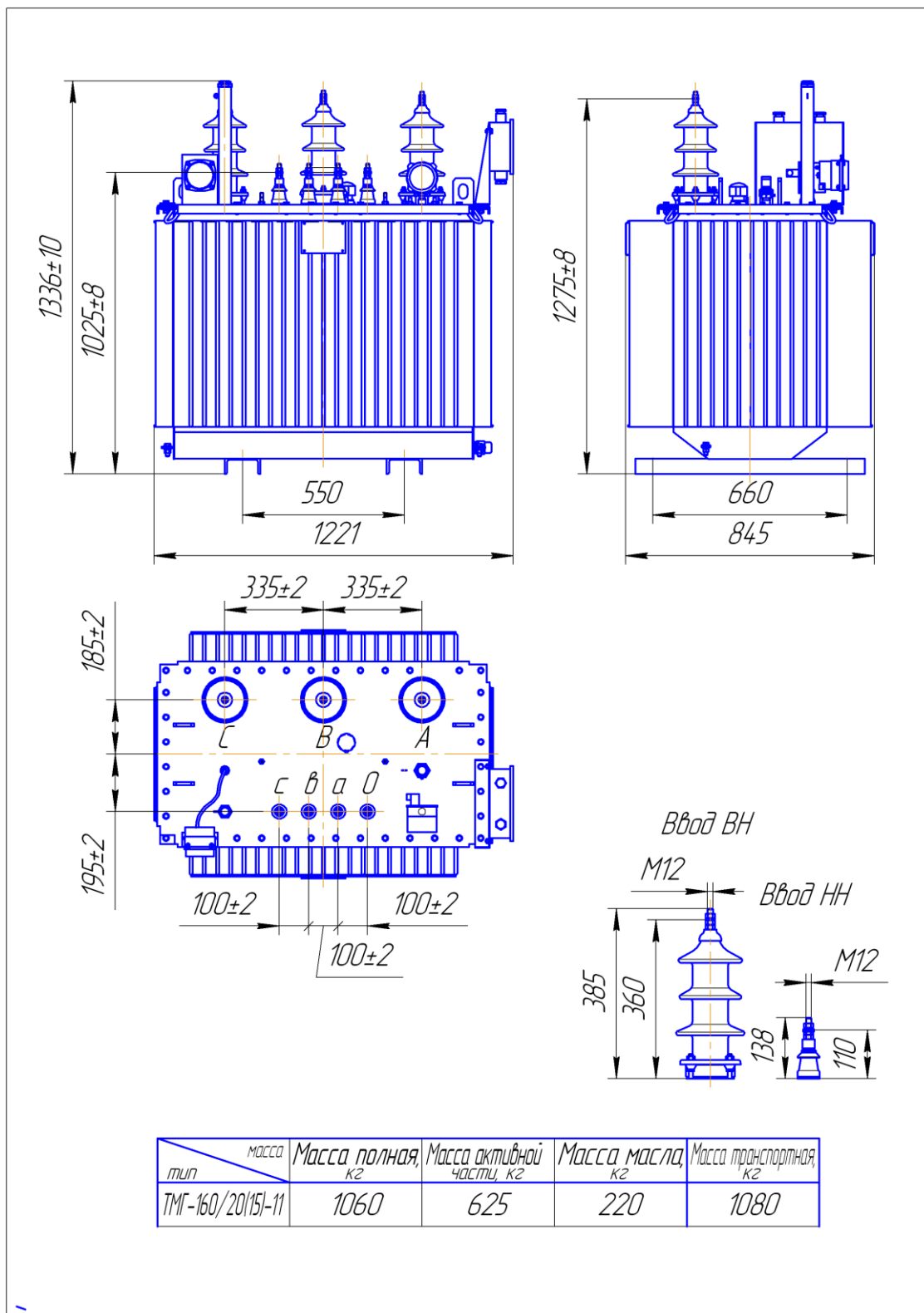


Рис. 2.2 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 160/20-11



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

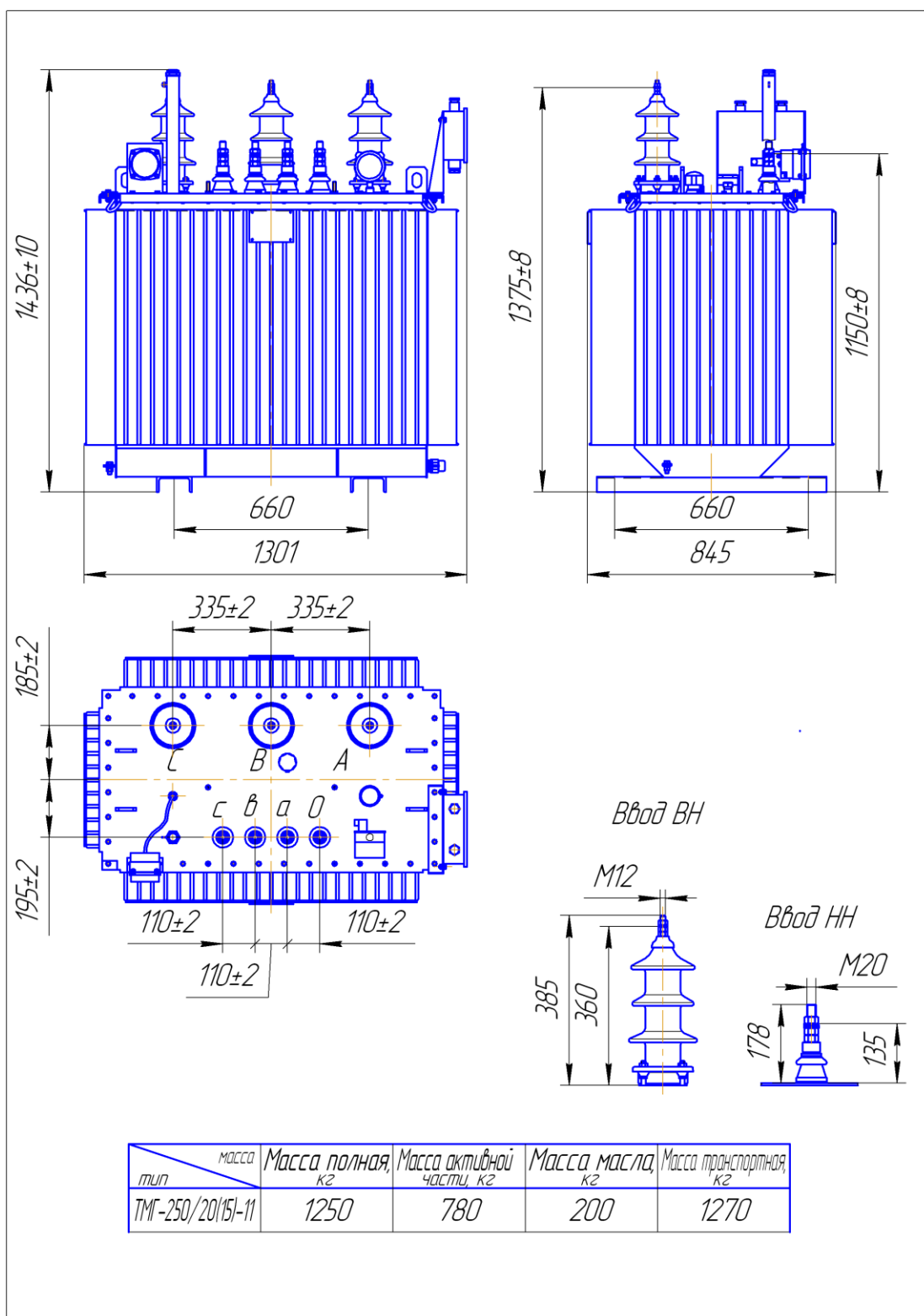


Рис. 2.3 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 250/20-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

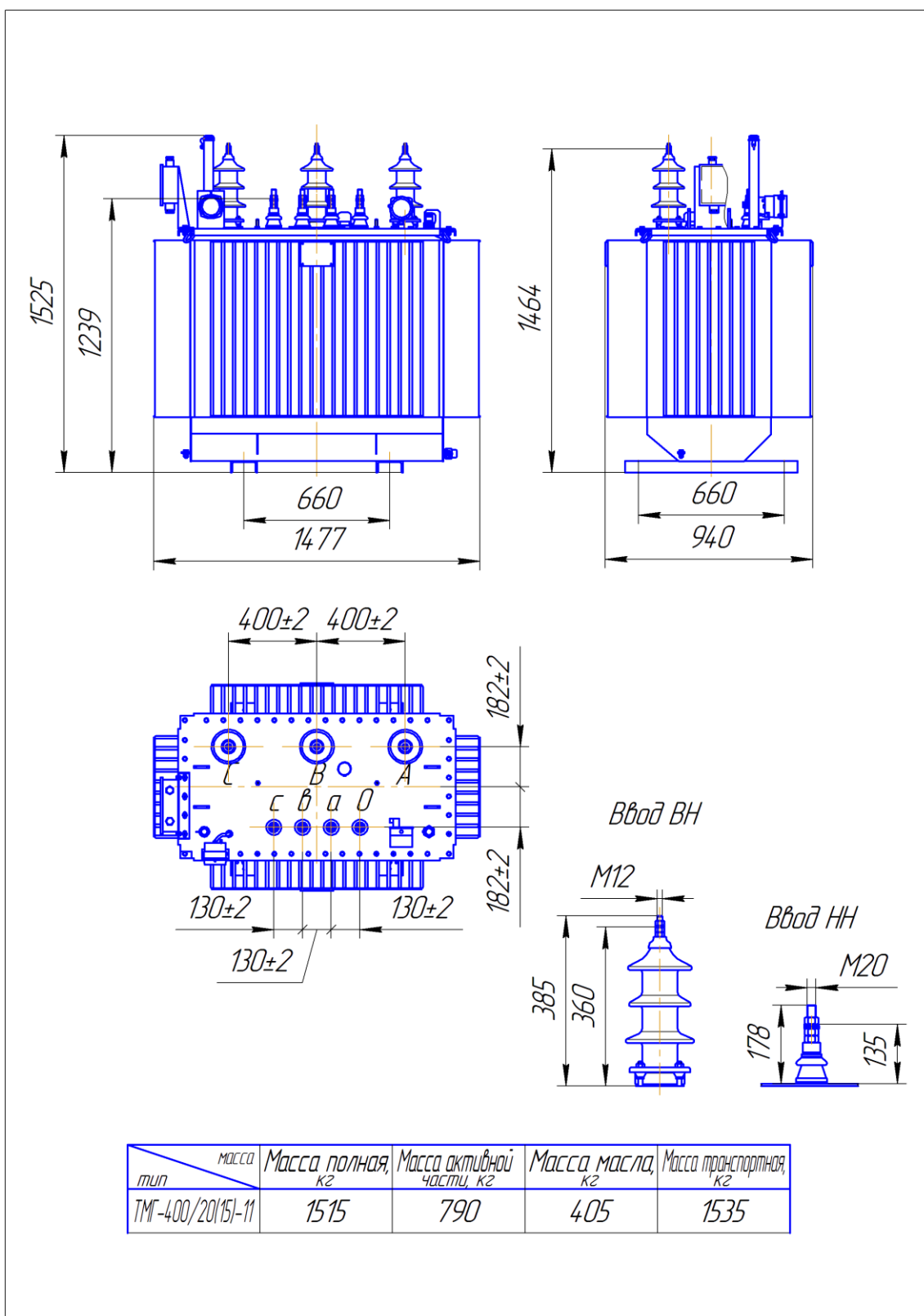


Рис. 2.4 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 400/20-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

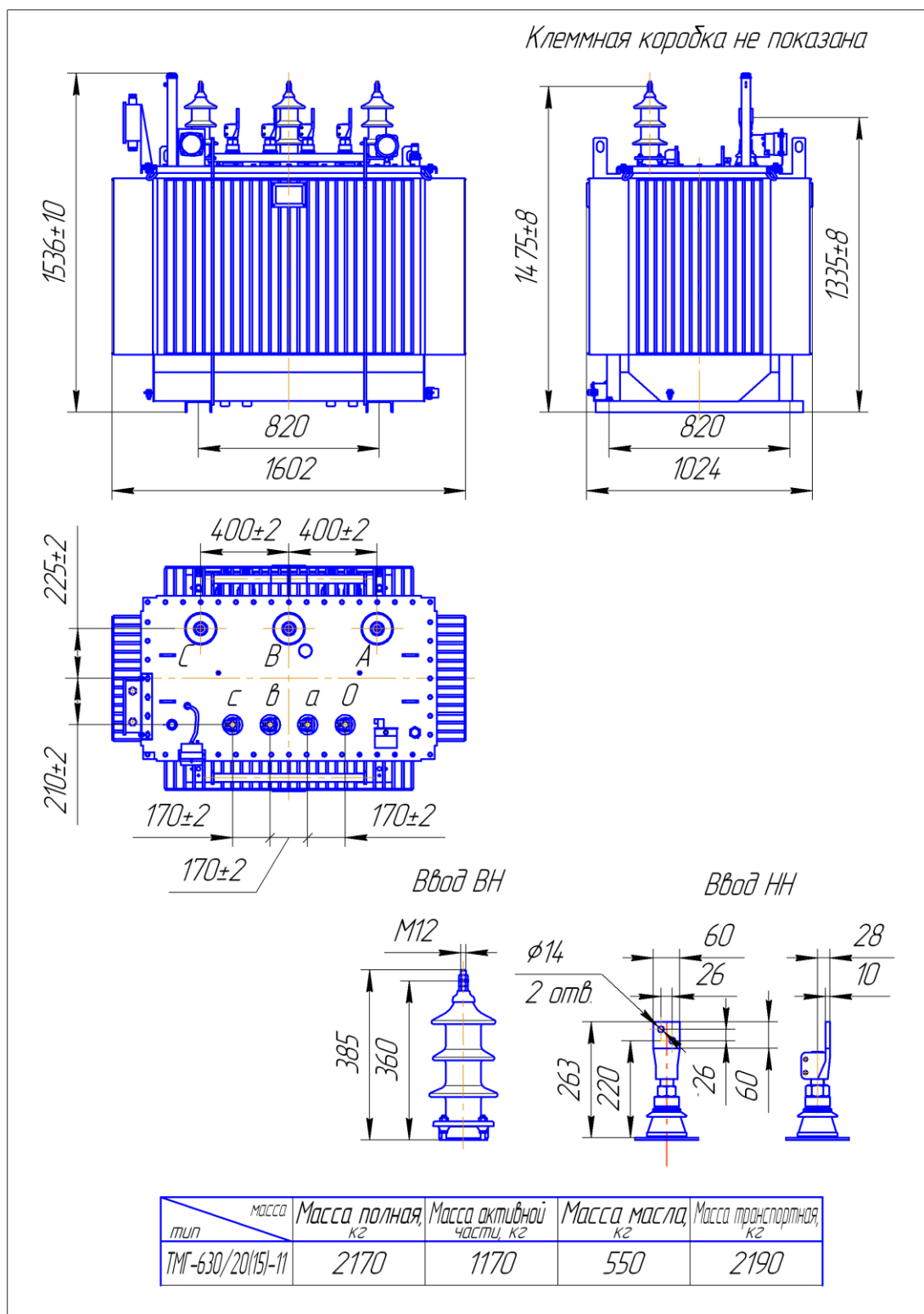


Рис. 2.5 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 630/20-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

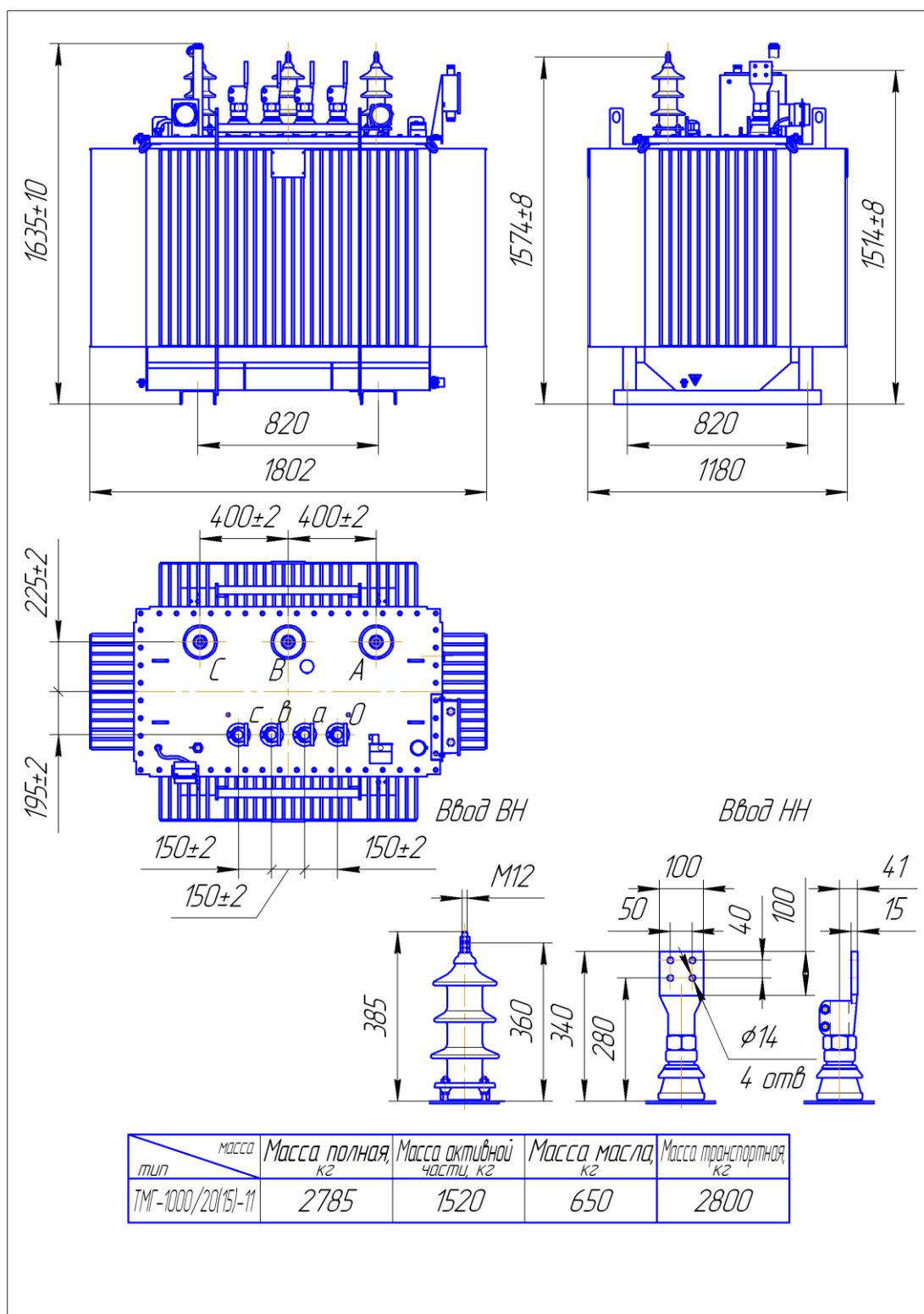


Рис. 2.6 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 1000/20-11

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## ГАБАРИТНЫЕ, УСТАНОВОЧНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ 35 кВ

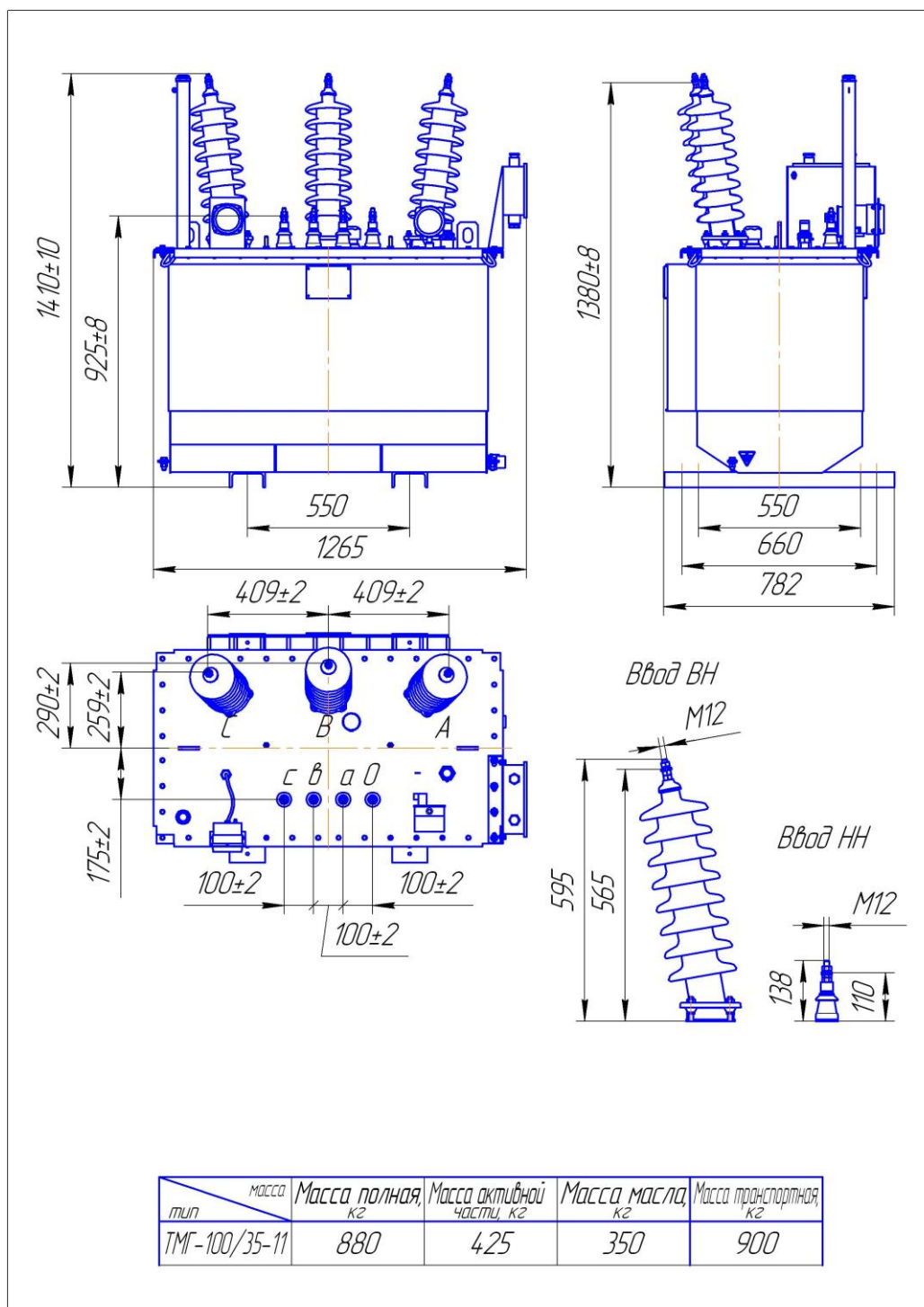


Рис. 3.1 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 100/35-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

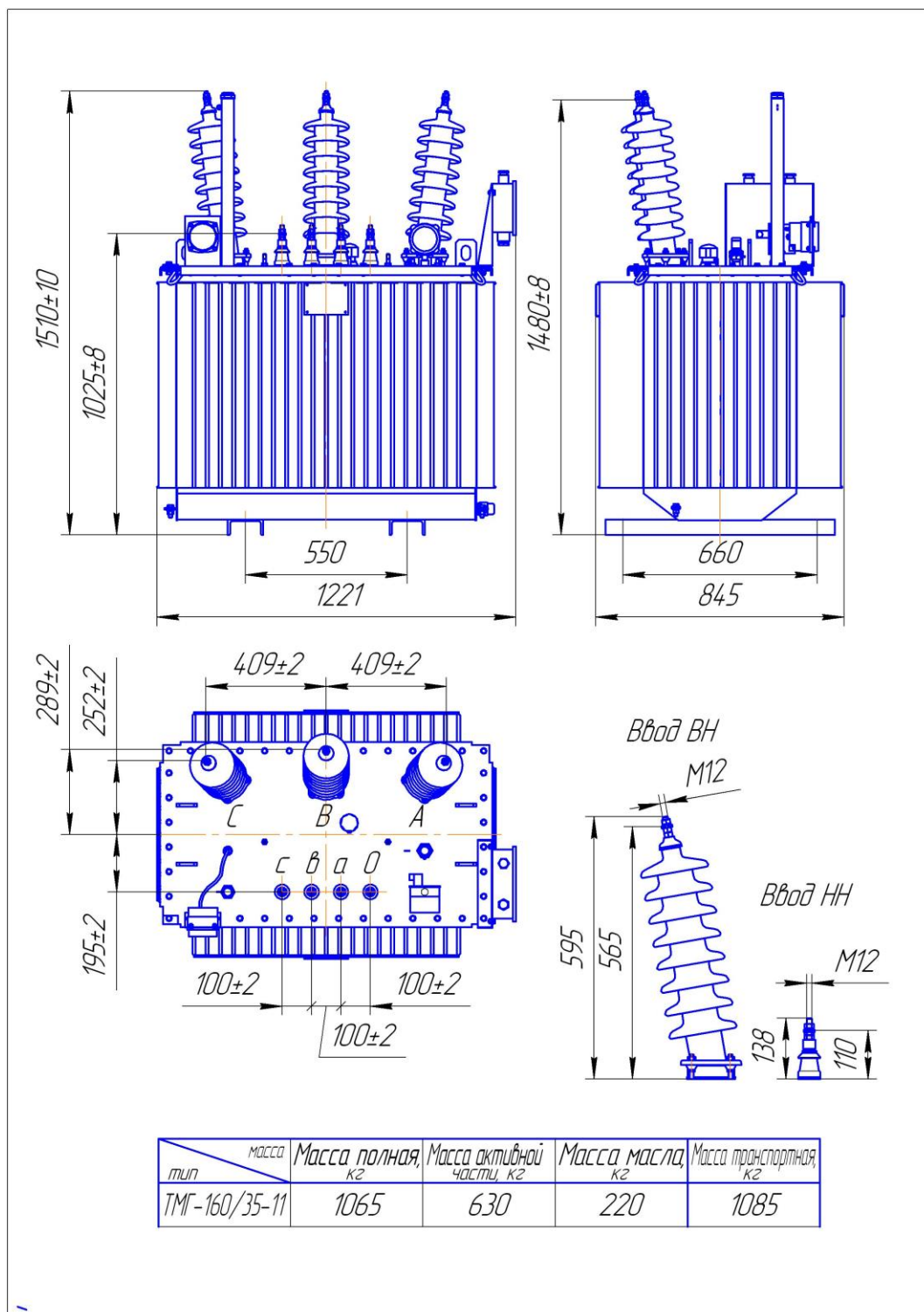


Рис. 3.2 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 160/35-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

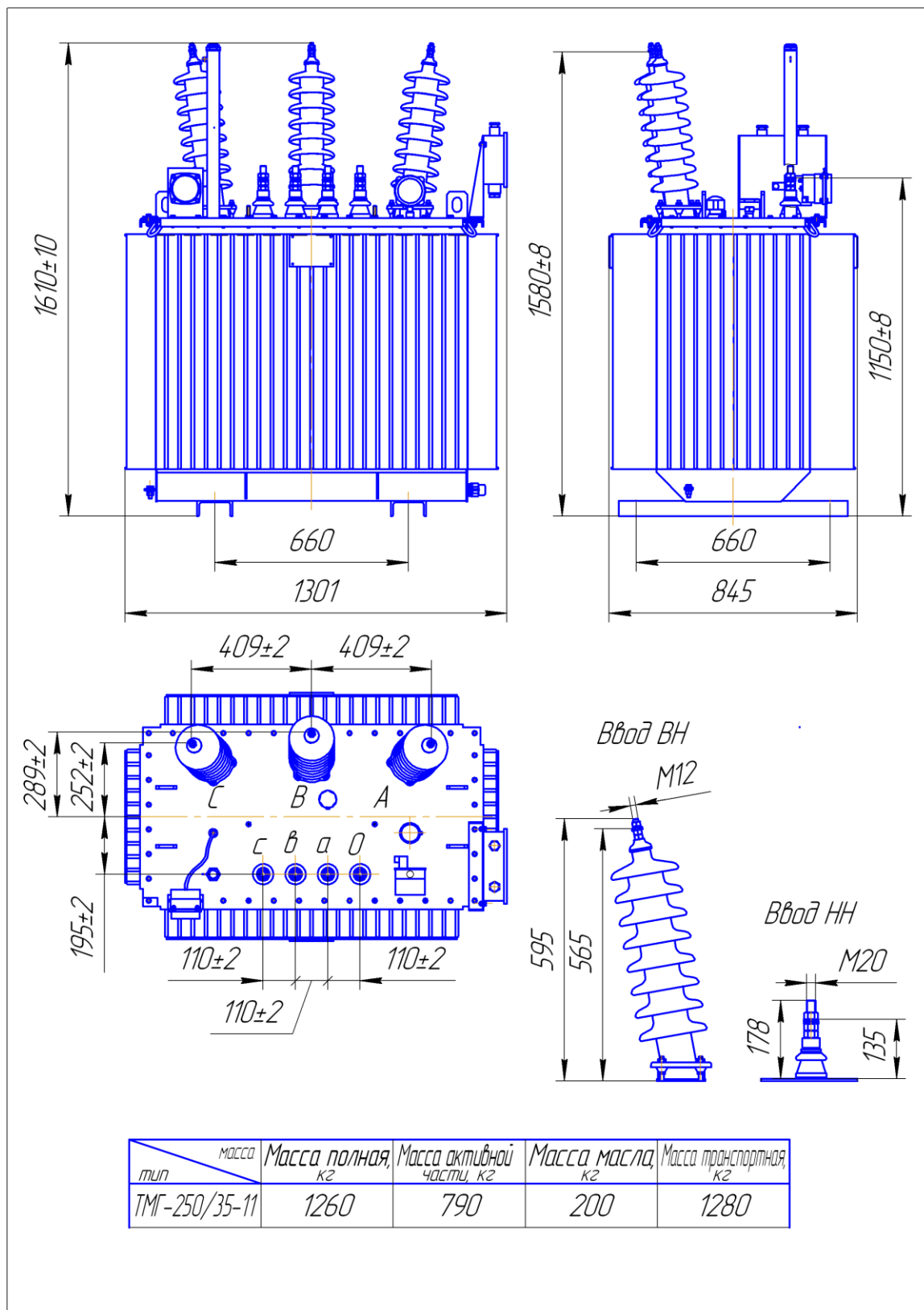


Рис. 3.3 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 250/35-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

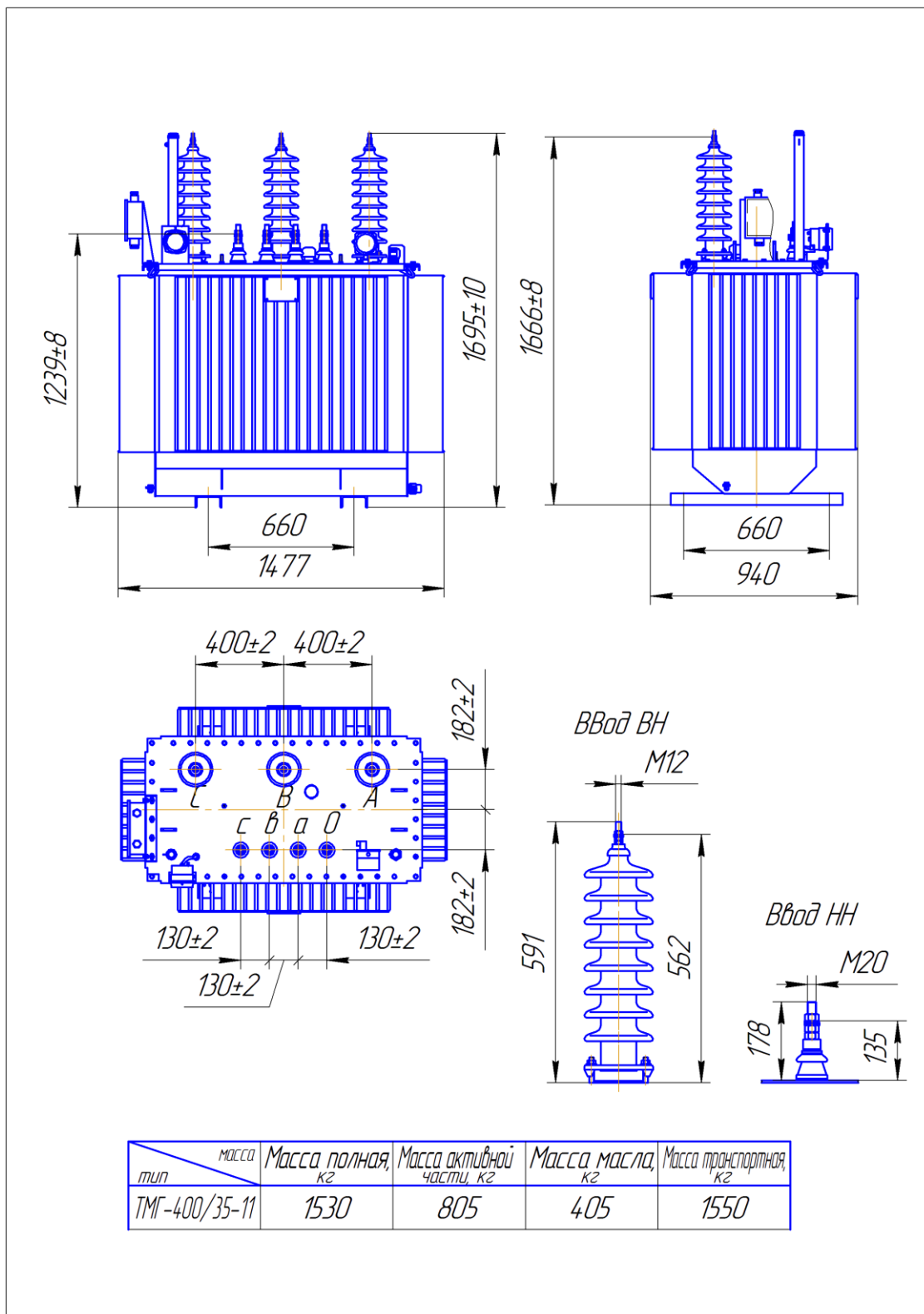


Рис. 3.4 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 400/35-11



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

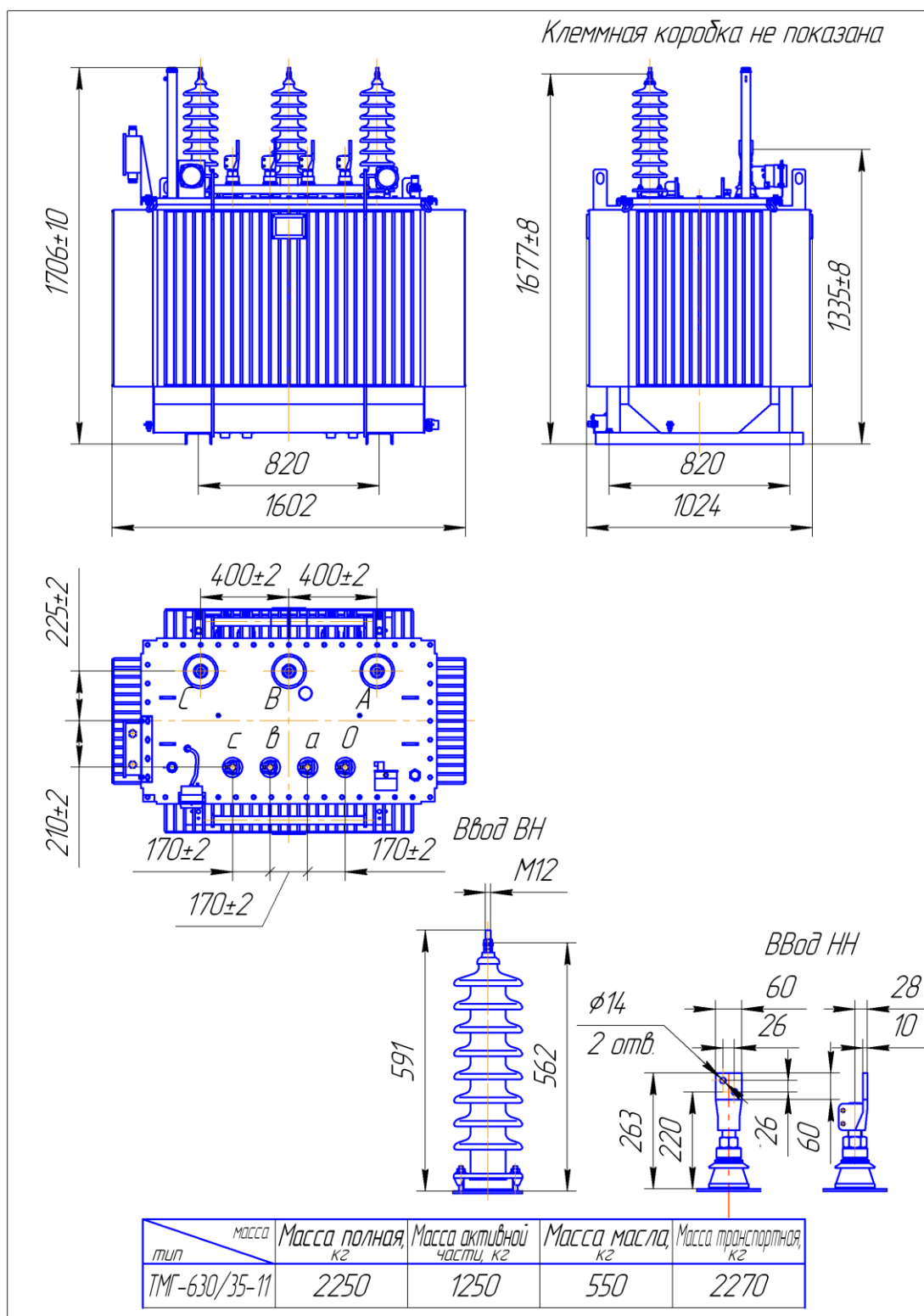


Рис. 3.5 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 630/35-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

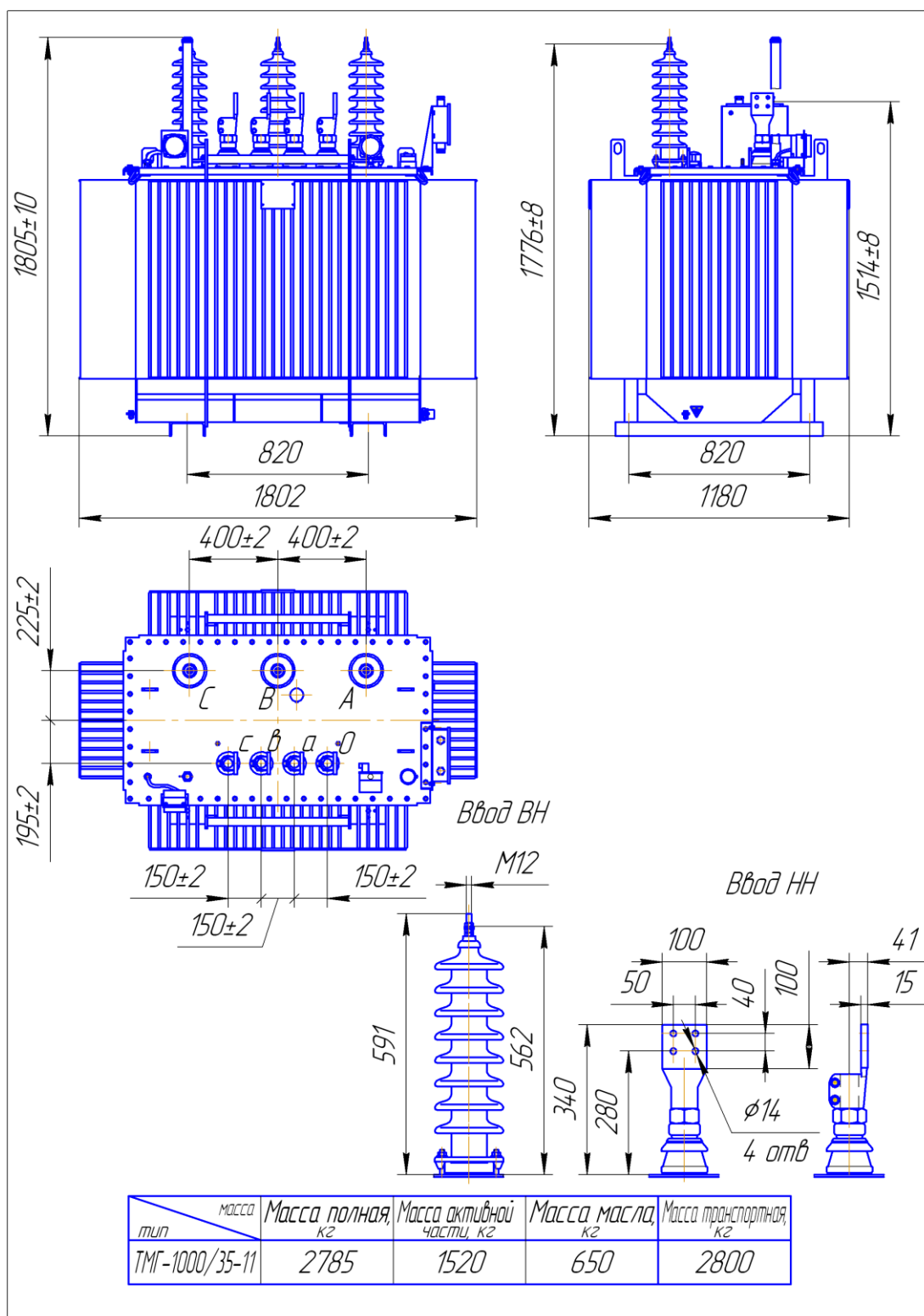


Рис. 3.6 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГ - 1000/35-11

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

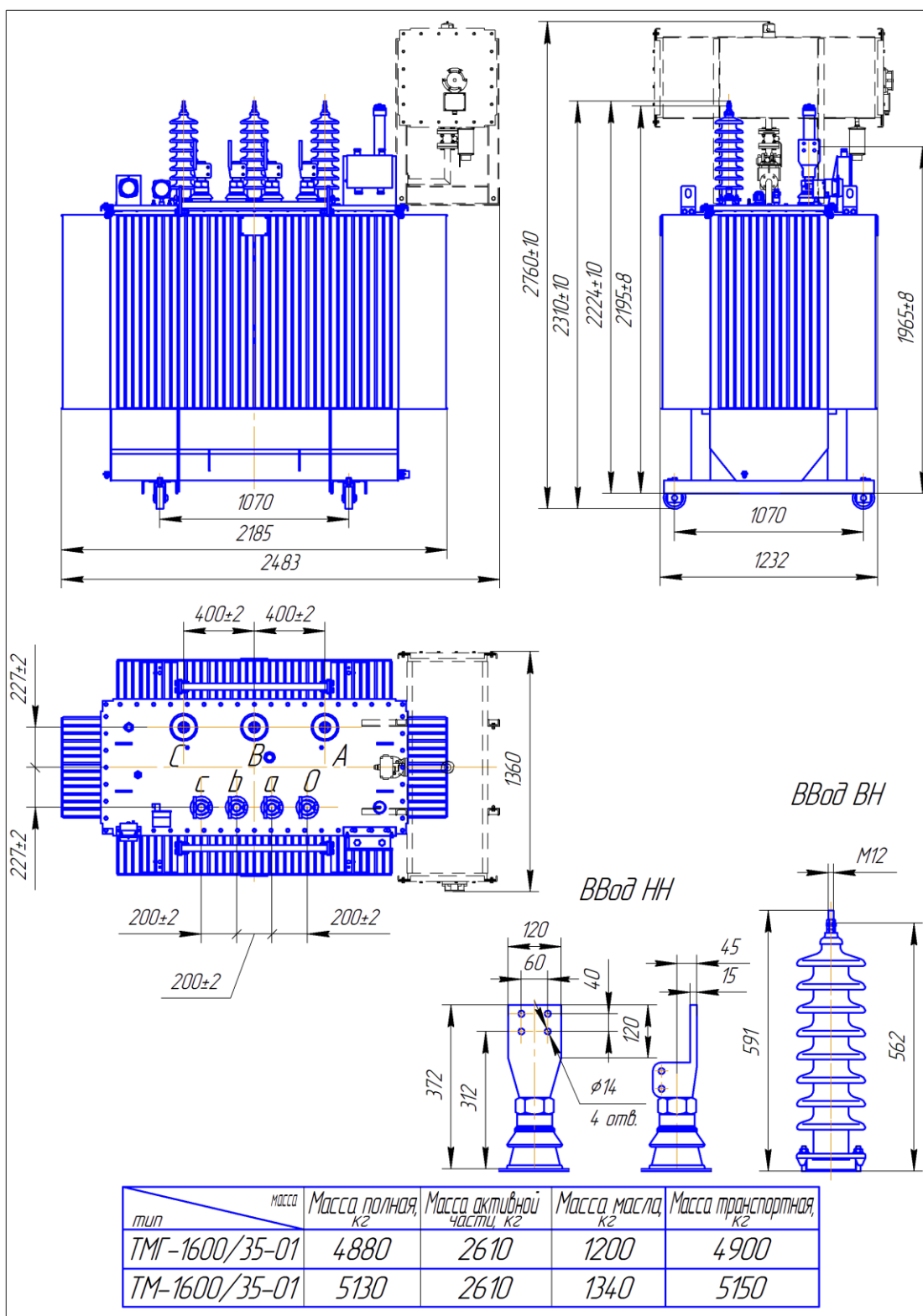


Рис. 3.7 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМ(Г) - 1600/35-01

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

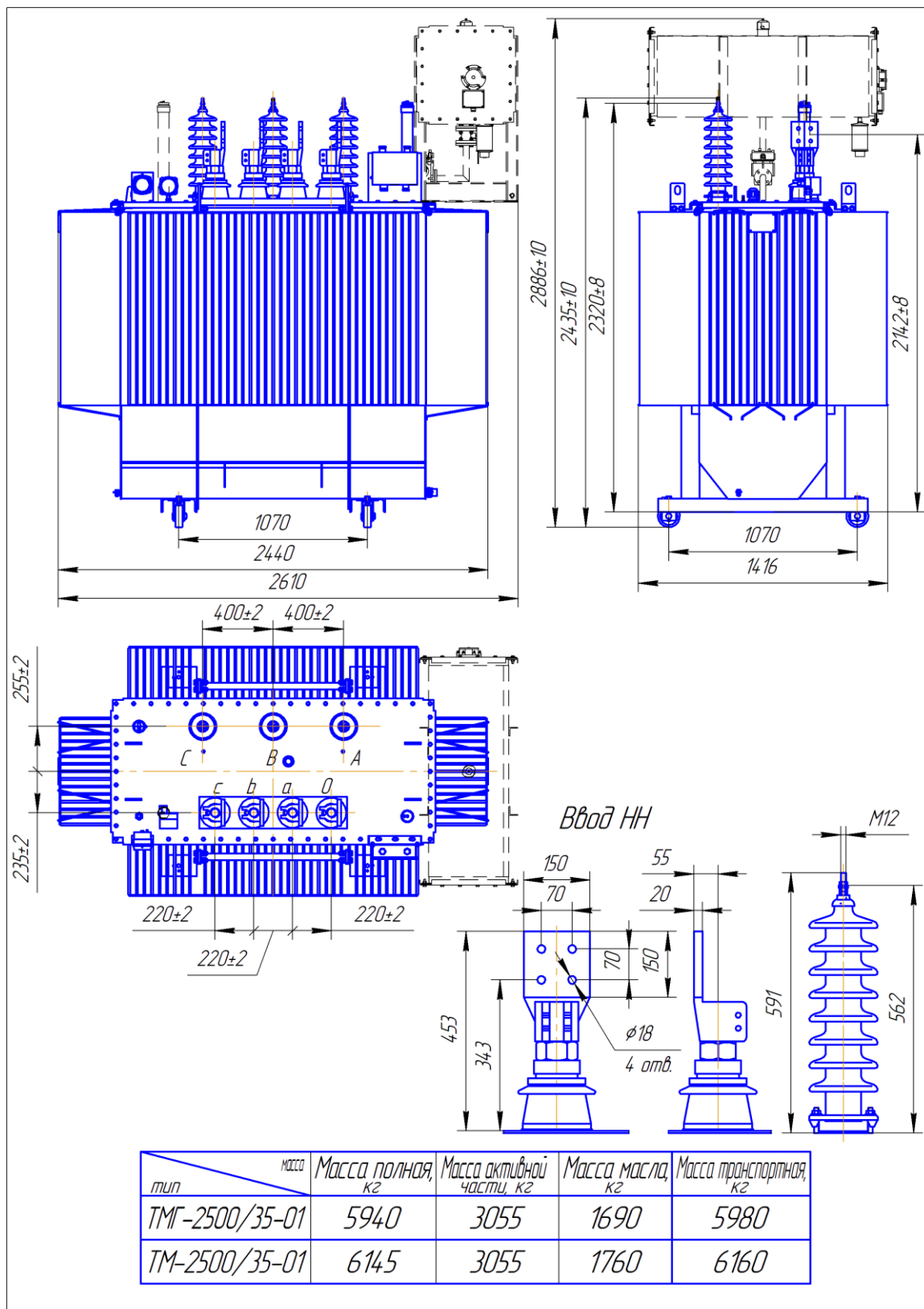


Рис. 3.9 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМ(Г) - 2500/35-01