

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

СОГЛАСОВАНО:

Технический директор
производства
«Русский трансформатор»

_____ 2014 г.
« ____ » _____

УТВЕРЖДАЮ:

Директор производства
«Русский трансформатор»

_____ С.Г. Фадеев
« ____ » _____ 2014 г.

**Трансформаторы
распределительные масляные 16 серии
для столбовых трансформаторных подстанций
типа ТМГС мощностью 25 - 160 кВА,
класса напряжения 10 кВ**

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

(справочная)

ОРТ.135.049 ТИ

РАЗРАБОТАЛ:

Главный конструктор КОРТ
производства
«Русский трансформатор»
_____ В.П. Жданов

« ____ » _____ 2014 г.

Самара

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ДЛЯ СТОЛБОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	3
1.1 Назначение	3
1.2 Условное обозначение трансформаторов	5
1.3 Технические данные.....	5
2. УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРА	6
2.1 Активная часть.....	6
2.1.1 Магнитопровод.....	7
2.1.2 Обмотки.....	8
2.1.3 Отводы.....	9
2.1.4 Переключающее устройство	10
2.2 Бак	10
2.3 Трансформаторное масло	11
3. КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИСПОЛНЕНИЯ И КАТЕГОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	12
4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ТРАНСФОРМАТОРАХ.....	12
4.1 Схемы и группы соединения обмоток.....	12
4.2 Электрические параметры обмоток.....	13
5 НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ	15
5.1 Нагрузочная способность трансформаторов	15
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.....	23
7.1 Маслоуказатель.....	23
7.2 Термометр	24
7.3 Клапан сброса давления.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	26
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	27

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

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ДЛЯ СТОЛБОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

1.1 Назначение

Распределительный трансформатор для столбовых трансформаторных подстанций – понижающий трансформатор с мощностью в трёх фазах до 160 кВА включительно, класса напряжения изоляции 10 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 для столбовых подстанций 16 серии класса напряжения 10 кВ выпускаются серийно: Основные номинальные напряжения обмоток ВН – 6.00; 6.30; 6.60; 10.00; 10.50; 11.00 кВ. Основное номинальное напряжение обмоток НН – 0.40 кВ

Основные конструктивные исполнения серийных трансформаторов по внешнему конструктивному строению: ТМГС – трансформатор герметичный без расширителя, увеличение объёма масла при нагреве воспринимается упругими гофрами (рис 1.1). ТМ – трансформатор с расширителем, увеличение объёма масла при нагреве воспринимается расширителем (рис 1.2).



Рис. 1.1 Трансформатор герметичный без расширителя ТМГ



Рис. 1.2 Трансформатор с расширителем ТМ

1.2 Условное обозначение трансформаторов

Условное обозначение трансформаторов следующее.

Т М (Г) С-	СЭЩ -	XXX/	XX -	X 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
										Для столбовых подстанций
										Герметичное исполнение (при наличии символа)
										Естественная циркуляция масла
										Трехфазный

Пример условного обозначения трансформатора герметичного исполнения для столбовой трансформаторной подстанции, мощностью 160 кВА, серии –16, с напряжением на стороне ВН – 10.00 кВ, на стороне НН – 0.40 кВ, схемой и группой соединения Y/Y_n-0, климатическим исполнением - У, категорией размещения –1 при заказе и в документации другого изделия: **«Трансформатор ТМГС-160/10-16У1; 10.00/0.40; Y/Y_n-0 ТУ 3411-001-72210708-2004».**

1.3 Технические данные

Основные параметры распределительных масляных трансформаторов для столбовых подстанций класса напряжения 10 кВ типа ТМ(Г)С приведены в таблице 1.1 Приложения 1. Габаритные, установочные и присоединитель-

ные размеры трансформаторов приведены в Приложении 2.

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, то есть энергия от обмотки высокого напряжения через посредство наведённого в магнитной системе магнитного потока преобразуется в энергию обмотки низкого напряжения.

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 – магнитопровод; 2 – блок обмоток ВН – НН; 3 – крышка бака; 4 – переключатель; 5 – ввод НН; 6 – ввод ВН.

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).

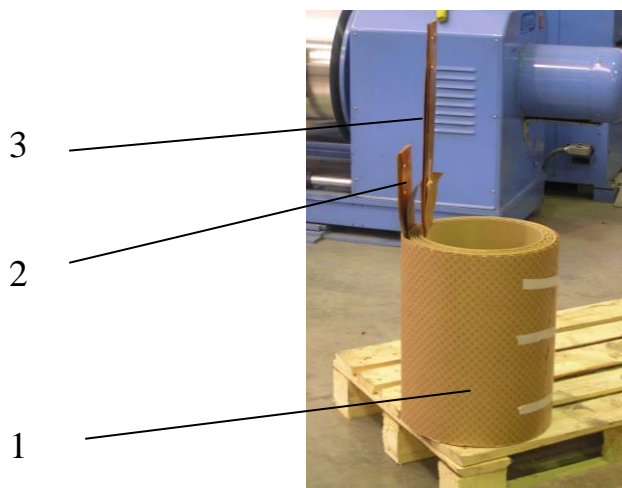


Рис. 2.3 Обмотка НН в сборе. 1 – обмотка, 2 – фазный отвод, 3 – линейный отвод

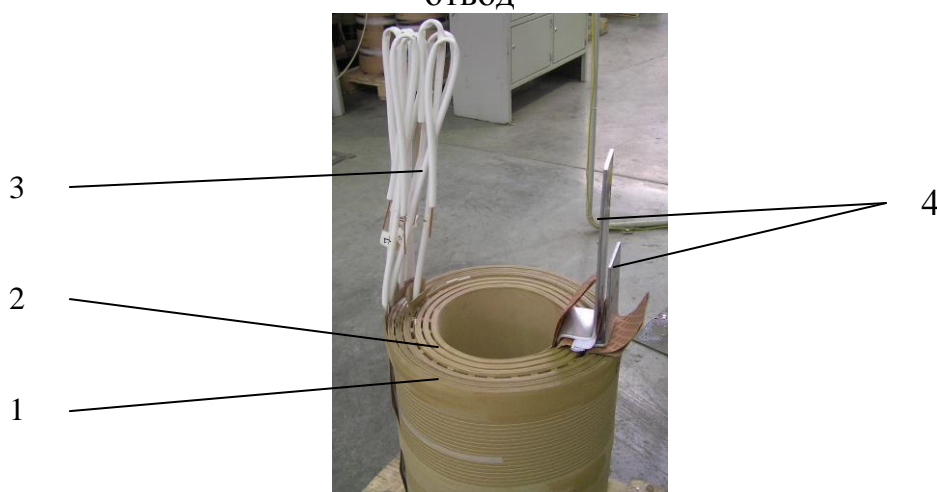


Рис. 2.4 Блок обмоток ВН-НН в сборе. 1 – обмотка ВН, 2 – обмотка НН, 3 – отводы ВН, 4 – отводы НН

Обмотки НН выполняются из алюминиевой ленты и бумажной межслойной изоляцией из бумаги, обмотки ВН серии 11 – из алюминиевого провода круглого сечения с эмалевой изоляцией или прямоугольного сечения с бумажной изоляцией, обмотки ВН серии 12 – из алюминиевого провода круглого сечения с эмалевой изоляцией или прямоугольного сечения с бу-

мажной изоляцией. Межслоевая изоляция из кабельной бумаги. Прессовка обмоток осуществляется стяжкой ярмовых балок вертикальными шпильками.

Материал проводников обмоток: алюминий (плотность – $\gamma_{ал} = 2700$ кг/м³, удельное электрическое сопротивление при 75 °С – $\rho_{ал75} = 0,0342$ Ом*мм²/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 (ПБВ) 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					
		6000	6300	6600	10000	10500	11000
1	105.0	6300	6615	6930	10500	11025	11550
2	102.5	6150	6457.5	6765	10250	10762.5	11275
3	100.0	6000	6300	6600	10000	10500	11000
4	97.5	5850	6142.5	6435	9750	10237.5	10725
5	95.0	5700	5985	6270	9500	9975	10450

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 в стандартном варианте медными гибкими проводами (рис. 2.4).

Соединения НН – алюминиевыми шинами прямоугольного сечения (рис. 2.3).

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 состоит из следующих узлов и деталей

- а) каркаса корпуса (верхней рамы);
- б) гофрированных стенок;
- в) дна;
- г) крюков крепления.



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, привод 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 разъеме – болтовое, уплотнение разъема – прокладки из маслобензостойкой резины.

К верхней части токоведущего стержня вводов НН крепится специальный контактный зажим с наконечником, обеспечивающий подсоединение плоской шины.

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. 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°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 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 обмотки разных фаз соединяются между собой различным схемным образом, в «звезду» (обозначение Y), «треугольник» (обозначение D), или «зигзаг» (обозначение Z), причём схемы «звезда» и «зигзаг» на стороне НН как правило имеет выведенную нейтраль (обозначение Y_n и Z_n). Основные схемы и группы соединения обмоток Y/ Y_n -0; D/ Y_n -1; Y/ Z_n -11 приведены на рис. 4.1

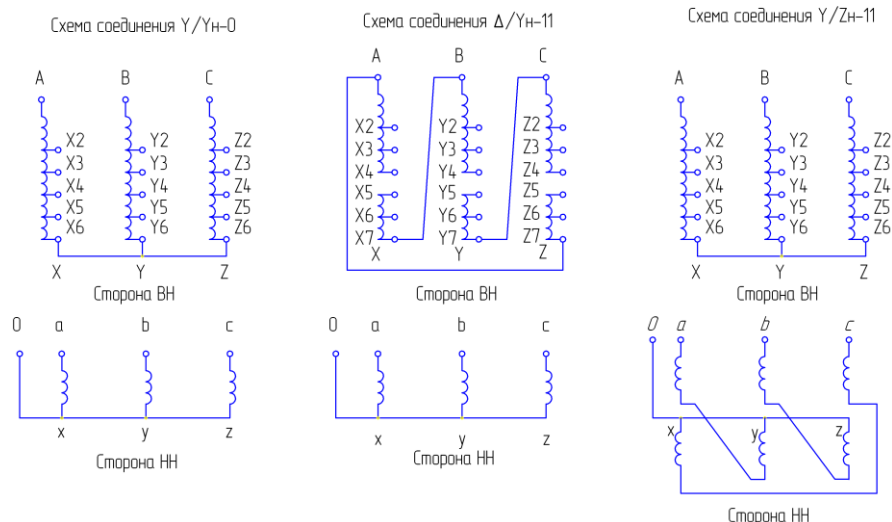


Рис. 4.1 Основные схемы и группы соединения обмоток

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:

$$Z_{\hat{e}} = (u_{\hat{e}}/100) \cdot U_{i10}^2 / S_{i0}, \hat{i}$$

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:

$$R_{\hat{e}} = D_{\hat{e}0} / (I_1^2), \hat{i}$$

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:

$$X_{\hat{e}} = \sqrt{Z_{\hat{e}}^2 - R_{\hat{e}}^2}, \hat{I}_n$$

Сетевые линейные электрические параметры распределительных масляных трансформаторов со стороны обмотки НН приведены: для серии -11 в таблице 4.1, для серии – 12 в таблице 4.2

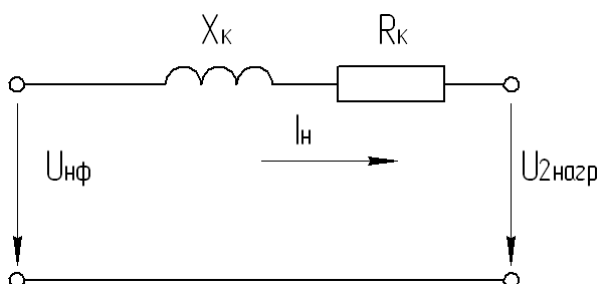


Рис. 4.2. Электрическая однофазная сетевая схема трансформатора

Таблица 4.1 Сетевые линейные электрические параметры трансформаторов со стороны обмотки НН

Обозначение трансформатора		Фазные сопротивления короткого замыкания, МОм		
		Полное Z_k	Индуктивное X_k	Активное R_k
ТМ(Г)- -25/10-11;	10(6)/0.4; Y/Y _н -0 (D/Y _н -11)	288.0	238.6	161.3
	10(6)/0.4; Y/Z _н -11	320.0	256.0	192.0
ТМ(Г)- -40/10-11;	10(6)/0.4; Y/Y _н -0 (D/Y _н -11)	180.0	151.0	98.00
	10(6)/0.4; Y/Z _н -11	200.0	160.0	120.0
ТМ(Г)- -63/10-11;	10(6)/0.4; Y/Y _н -0 (D/Y _н -11)	114.3	97.48	59.66
	10(6)/0.4; Y/Z _н -11	132.1	115.2	64.50
ТМ(Г)- -100/10-11;	10(6)/0.4; Y/Y _н -0 (D/Y _н -11)	72.00	60.90	38.40
	10(6)/0.4; Y/Z _н -11	83.20	72.95	40.00
ТМ(Г)- -160/10-11;	10(6)/0.4; Y/Y _н -0 (D/Y _н -11)	55.00	51.00	20.63
	10(6)/0.4; Y/Z _н -11	55.00	51.00	20.63

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°C), 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 то-

ку, 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 трансформатора 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, порядка более суток, периода времени 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
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.

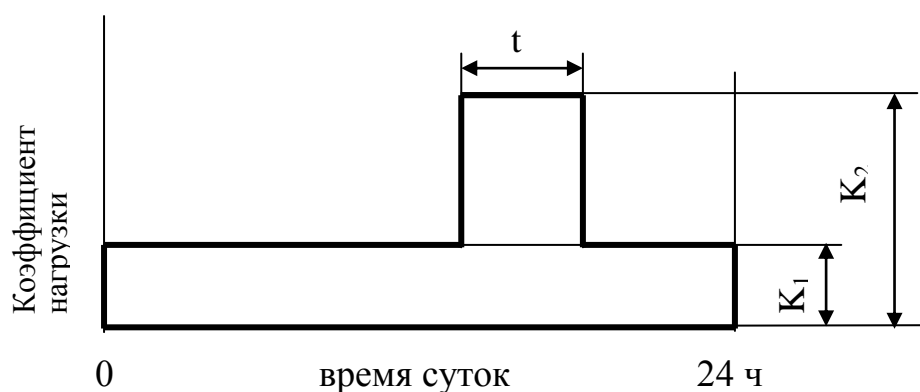


Рис. 5.1 Эквивалентный двухступенчатый график нагрузки

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 – 5.7 приведены значения K_2 и t при различных значениях K_1 и температуры окружающей среды Θ_a .

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

$t, \text{ ч}$	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

$t, \text{ ч}$	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 К2 при температуре окружающей среды $\Theta_a = -10\text{ }^\circ\text{C}$

t, ч	K ₁							
	0.25	0.50	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
0.5	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
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 ₁						
	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 ₁					
	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

продолжение таблицы 5.6

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	К ₁					
	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	К ₁				
	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 ₁			
	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
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.

Проведенные сертификационные испытания показали, что уровень шума трансформаторов, изготавливаемых на производстве “Русский трансформатор”, не превышают допустимые значения.

Таблица 6.1 Измеренные уровни звуковой мощности распределительных трансформаторов

Мощность трансформаторов, кВА	Уровень звуковой мощности, дБА	
	измерено	норма по ГОСТ 12.2.024
25	57	59
40	57	59
63	57	59
100	57	59
160	59	62

Уровень звуковой мощности, не превышающей допустимых значений по ГОСТ 12.2.024, обеспечивается:

- применением марки наиболее качественной отечественной электротехнической стали 3408, NV27S
- 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 обмоток 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

- маслоуказатели (указатели уровня масла в баке);
- предохранительные клапаны (клапаны сброса давления масла в баке);
- термометры;

7.1 Маслоуказатель

Масло указатель 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 ПЛРМ-1 (или его аналог) с поплавком в прозрачной полимерной колбе располагается на крышке бака герметичного трансформатора ТМГС (рис. 7.1).



Рис. 7.1 Маслоуказатель поплавкового типа **ILRM-1**

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 (или его аналог) (рис. 7.4) располагается на крышке бака трансформаторов ТМ(Г)(Ф)

Рис. 7.4 Термометр стрелочный типа **ТБП-63**

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. 7.6) служит для защиты бака герметичного трансформатора ТМГ.

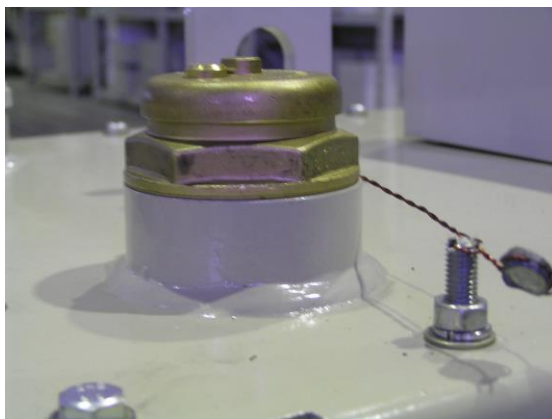


Рис. 7.6 Клапан сброса давления 25 VG

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ
СЕРИИ –16, КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ 10 кВ

Таблица 1.1 Основные технические данные серии -16 распределительных трансформаторов для столбовых подстанций класса напряжения 10 кВ

Обозначение	Номинальная мощность, кВА	Сочетание напряжения ВН/НН, кВ/кВ	Схема и группа соединения обмоток	Потери холостого хода, Вт	Потери короткого замыкания, Вт	Напряжение короткого замыкания, %	Ток холостого хода, %
ТМ(Г)- -25/10-16	25	6.00/0.40; 6.30/0.40; 6.60/0.40; 10.00/0.40; 10.50/0.40; 11.00/0.40	Y/Y _H -0 D/Y _H -11	190	630	4.5	5.0
			Y/Z _H - 11	190	750	5.0	5.0
ТМ(Г)- -40/10-16	40		Y/Y _H -0 D/Y _H -11	260	980	4.5	5.0
			Y/Z _H - 11	260	1200	5.0	5.0
ТМ(Г)- -63/10-16	63		Y/Y _H -0 D/Y _H -11	340	1480	4.5	4.0
			Y/Z _H - 11	340	1600	5.2	4.0
ТМ(Г)- -100/10-16	100		Y/Y _H -0 D/Y _H -11	400	2400	4.5	4.0
			Y/Z _H - 11	400	2500	5.2	4.0
ТМ(Г)- -160/10-16	160		Y/Y _H -0 D/Y _H -11	560	3300	5.5	4.0
			Y/Z _H -11	560	3300	5.5	4.0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ГАБАРИТНЫЕ, УСТАНОВОЧНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ
ТРАНСФОРМАТОРОВ СЕРИИ – 16 КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ 10 кВ

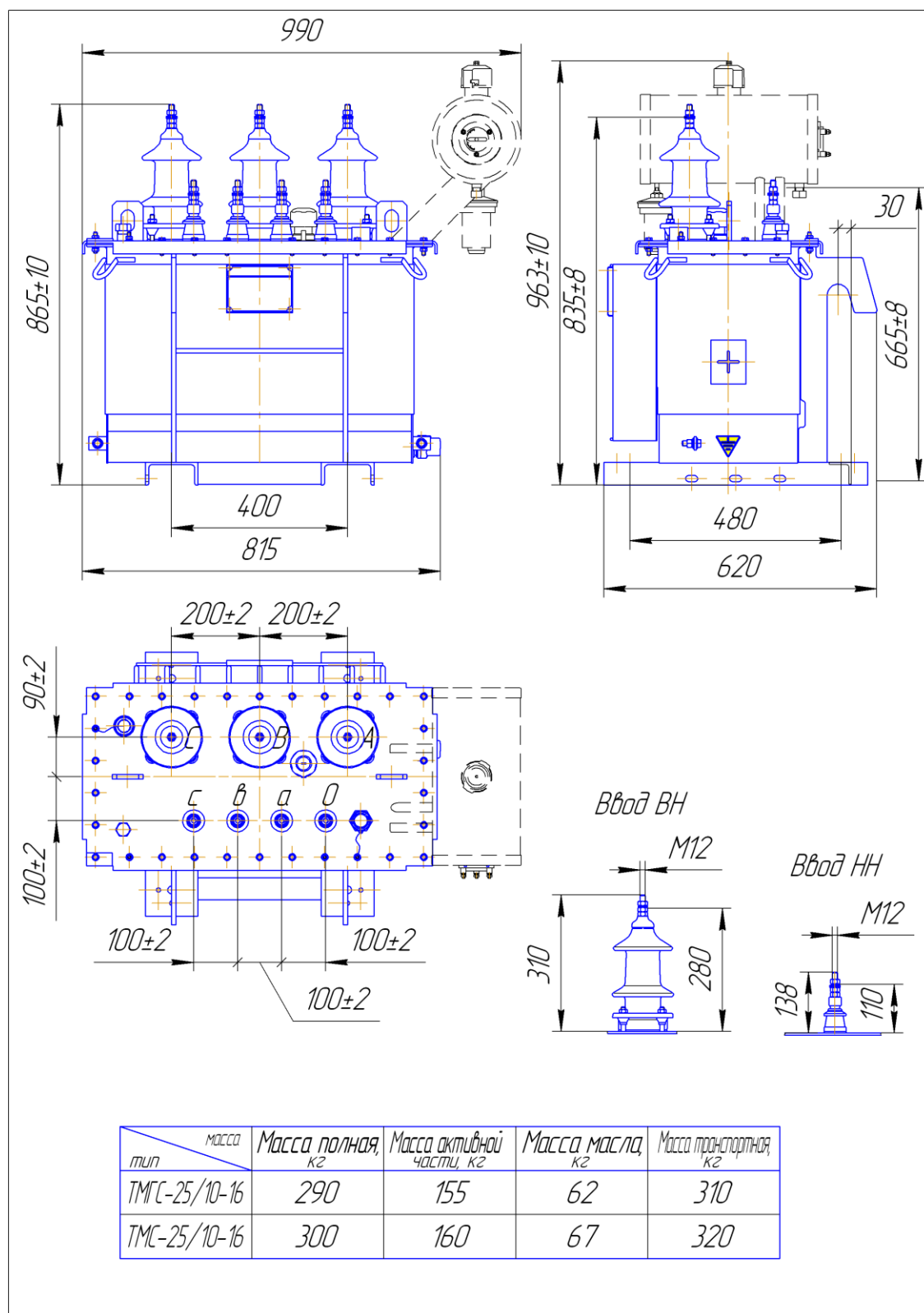


Рис. 1.1 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГС - 25/10-16

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

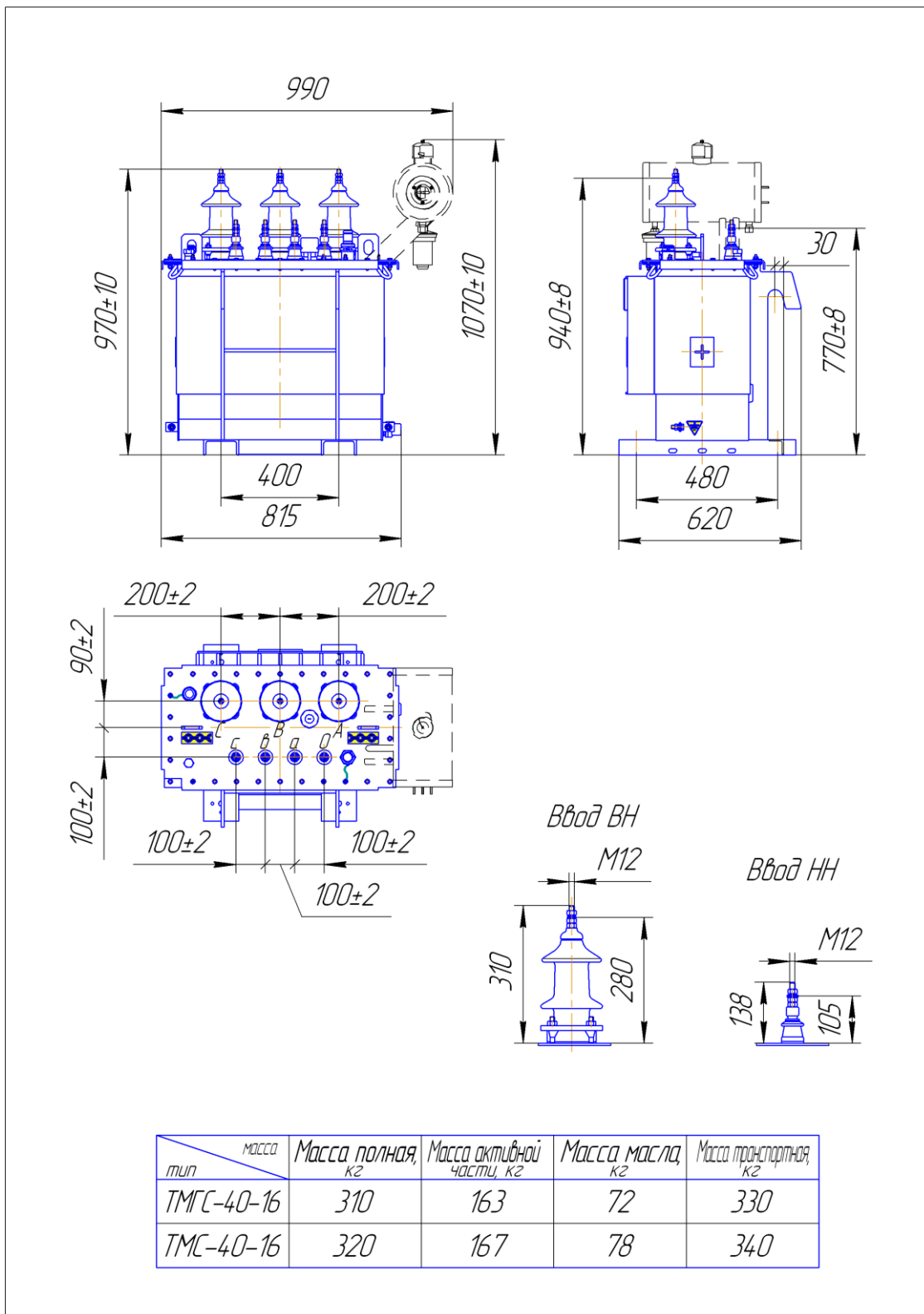


Рис. 1.2 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГС - 40/10-16

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

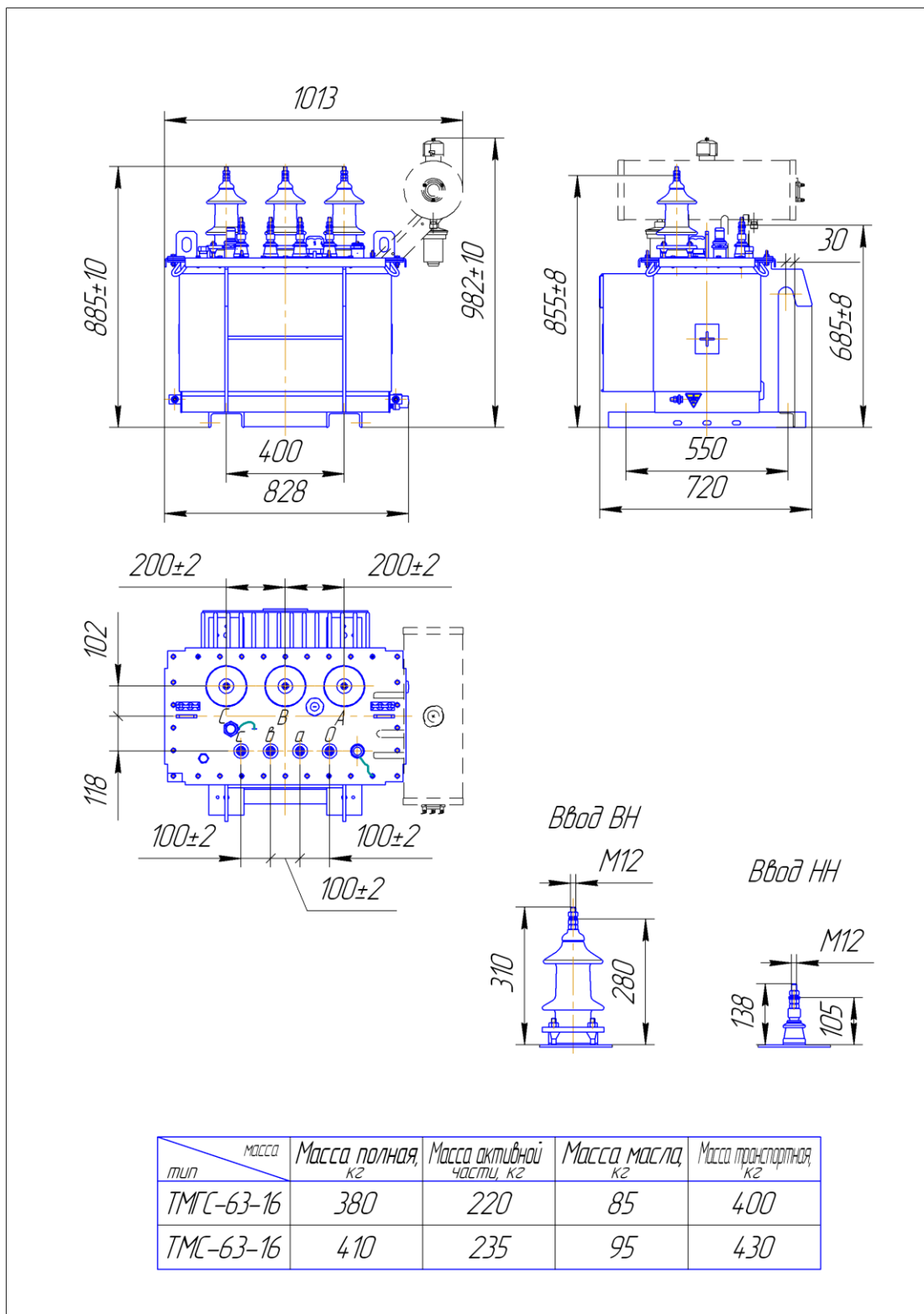


Рис. 1.3 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГС - 63/10-16

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

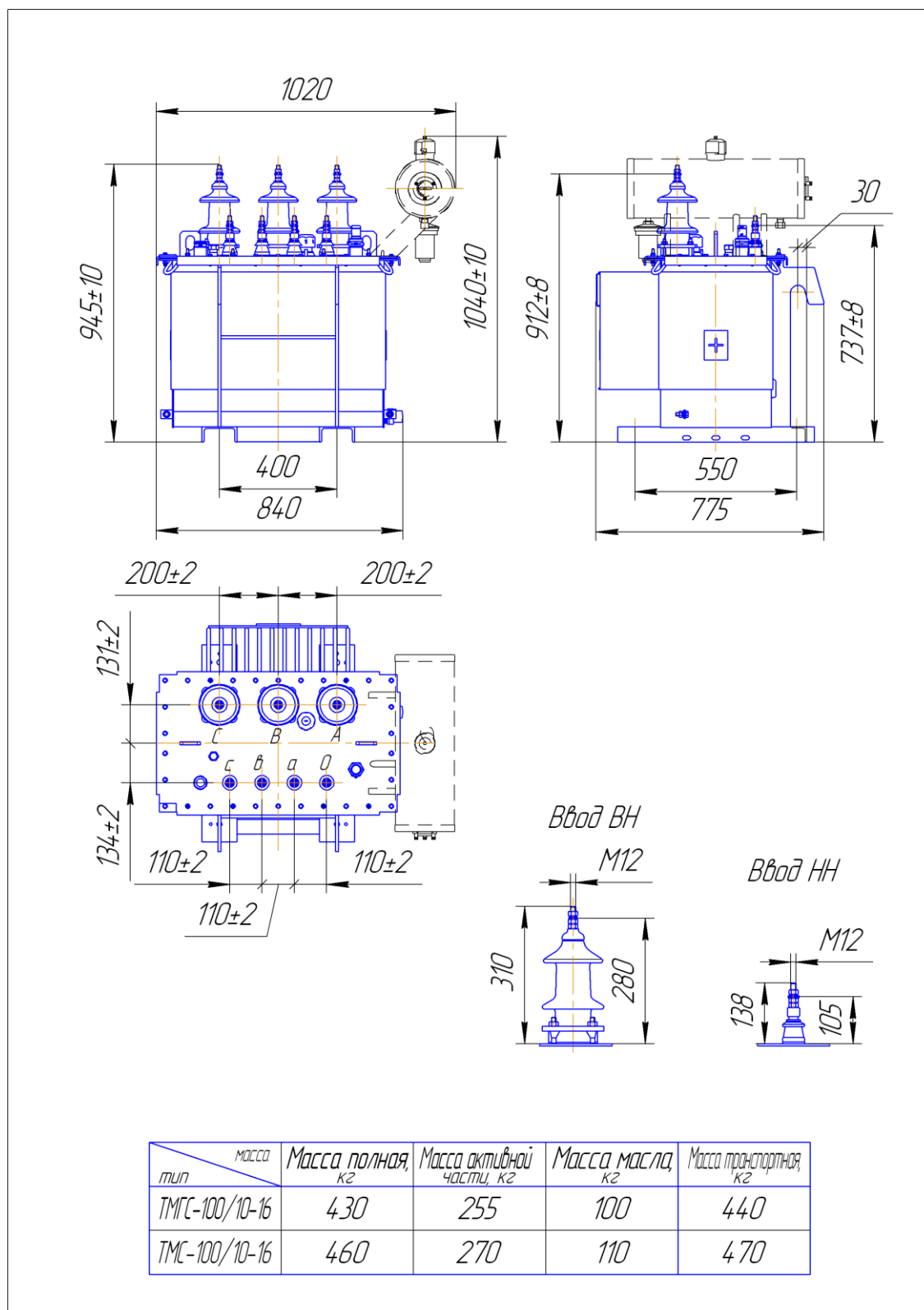


Рис. 1.4 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГС - 100/10-16

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

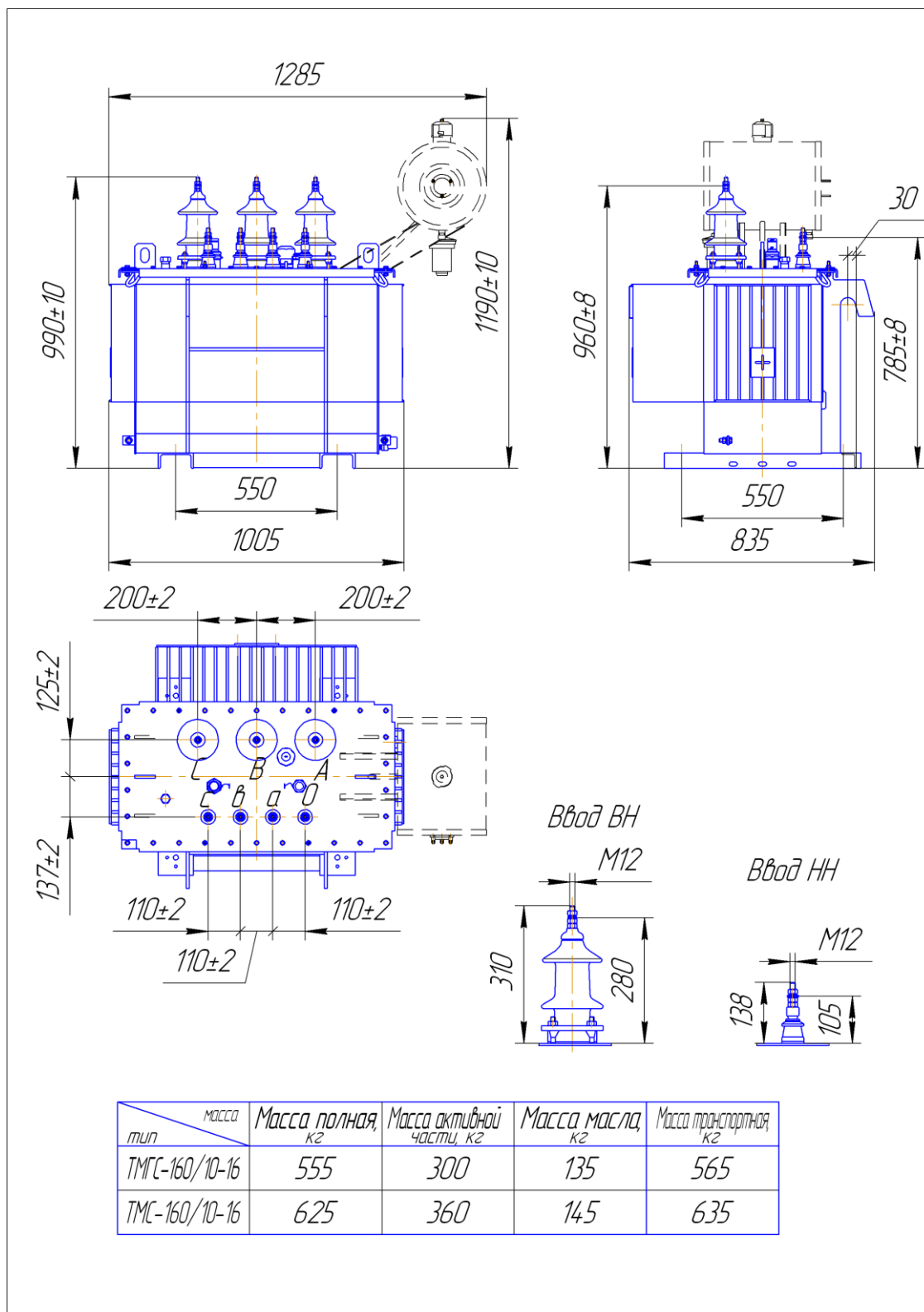


Рис. 1.5 Габаритные, установочные и присоединительные размеры трансформатора ТМГС - 160/10-16