

РЕЗИСТОРЫ ДЛЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6-35 кВ

Бруй С.Р., Ильиных М.В., Сарин Л.И., Хлопова А. Ю. (ООО «ПНП Болид», г.Новосибирск)

Режим заземления нейтрали сетей 6-35 кВ определяет при замыкании на землю величины перенапряжений распространяющиеся по сети и в конечном итоге исход аварийного события в целом. В мировой практике используется в основном три режима заземления нейтрали в распределительных сетях:

- изолированная нейтраль;
- нейтраль заземленная через катушку Петерсена;
- нейтраль заземленная через активное сопротивление.

Сложилось так, что заземление нейтрали через резистор получило наиболее широкое применение в распределительных сетях. Заземление нейтрали через катушку Петерсена применяется в некоторых государствах: Германия, Австрия, однако и они в последние годы начинают применять резистивное заземление нейтрали. Следует отметить, что катушки Петерсона производят в четырех странах (за исключением РФ): Австрия (TRENCH), Чехия (EGE), Китай (JUNFA), Индия.

Резисторы для заземления нейтрали выпускаются более чем на пятидесяти предприятиях на различных континентах мира: Индия (NATIONAL RESTSTORS ONIES), США (JENKINS), Италия (TELEMA), Япония (MILUOKI RESISTOR), Канада (AVTRON, ICP), Турция (HILKAR) и т.д.

Для заземления нейтрали зарубежом применяются как низкоомные, так и высокоомные резисторы. Для изготовления собственно резистивных элементов используются металлические сплавы: нихром, константан, чугун, алюмохромистая сталь и т.д.

Конструктивно резисторы для заземления нейтрали изготавливаются в виде шкафа со степенью защиты IP 23. Температура на поверхности резистивного элемента согласно стандарта IEEE-32 1972 - 610 °С, а при импульсном нагружении на 10, 30 или 60 секунд – 760 °С.

Некоторые технические характеристики резисторов ряда производителей приведены в таблице 1. Типовая конструкция резистора для заземления нейтрали на примере резистора NGR (США, Post Glover) приведены на рисунке 1.

Таблица 1.

Технические характеристики резисторов некоторых производителей.

Наименование предприятия	Страна	Тип резистора	Номинальное напряжение, кВ	Ток резистора, А
AVTRON	США	ANG	0,48-13,8	5-1200
JOVYATLAS	Германия	EW	12-24	50-2000
Metal deploy resistor	Франция		0,38-500	5-5000
RARA electronic corporation	Южная Корея		0,2-72	50-500
EGE	Чехия	NER	0,38-35	2-400

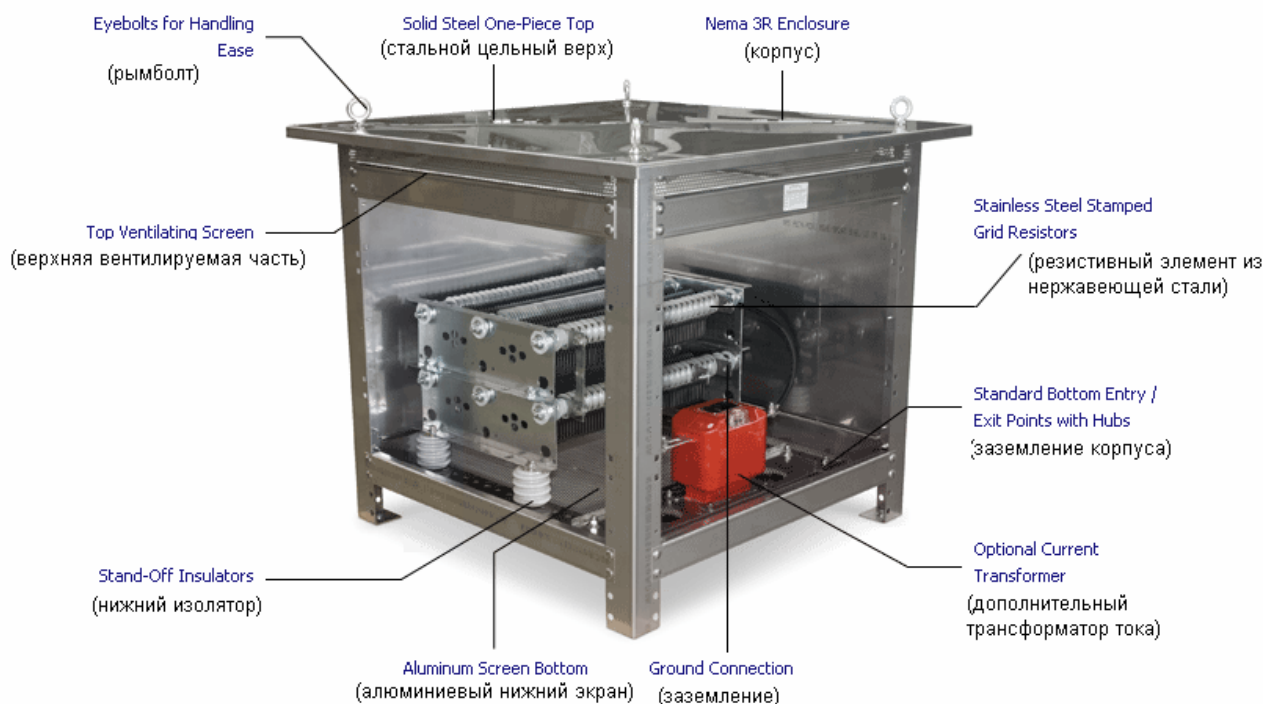


Рисунок 1 Типовая конструкция резистора NGR (США, Post Glover)

Высоковольтный резистор для заземления нейтрали сетей 6-35 кВ производства ООО «ПНП Болид»

Назначение

Высоковольтный резистор типа РЗ предназначен для защиты сетевого оборудования от дуговых и феррорезонансных перенапряжений путем частичного заземления нейтрали в сети с номинальным напряжением 3, 6, 10, 35 кВ. Резисторы защитные типа РЗ для сетей напряжением 3-10 кВ выпускаются по ТУ 3414-006-11840528-97. Резистор защитный типа РЗ для сети 35 кВ выпускается по ТУ 3414-007-50389285-00.

Конструктивное исполнение и основные особенности

Основой резистора являются элементы резистора защитного ЭРЗ, изготавливаемые в соответствии с ТУ 3414-005-11840528-97 «Элементы резистора защитного».

ЭРЗ представляет собой соединенные в электрическую цепь элементы ЭНГФ из материала «ЭКОМ», помещенные в металлический корпус с диэлектрической теплопроводной прокладкой между корпусом и ЭНГФ. Металлический герметичный корпус снабжен устройством для выравнивания давления внутри тела резистивного элемента. ЭРЗ соединяют последовательно, ориентируют вертикально и закрепляют на раме. Величина зазора между ЭРЗ определяется номинальным напряжением сети, в которой устанавливается резистор, и теплоотдачей в стационарном режиме.

Материал «ЭКОМ» - это электропроводный композиционный материал многофункционального назначения. Композит «ЭКОМ» разработан на основе, так называемой, химически связанной керамики с электропроводными добавками.

В материале «ЭКОМ» ток протекает по всему объему материала. Это приводит к высокой надежности, т.к., в отличие от проволочных нагревательных элементов, проводящие цепочки многократно дублируются по всему объему.

Композиционный материал «ЭКОМ» имеет отрицательный температурный коэффициент сопротивления (ТКС). При последовательном соединении элементов

отрицательный ТКС позволяет выравнять выделяемые мощности в различных резистивных элементах.

Резистор серии РЗ конструктивно выполняется из одного или нескольких унифицированных резистивных блоков (рисунок 2).

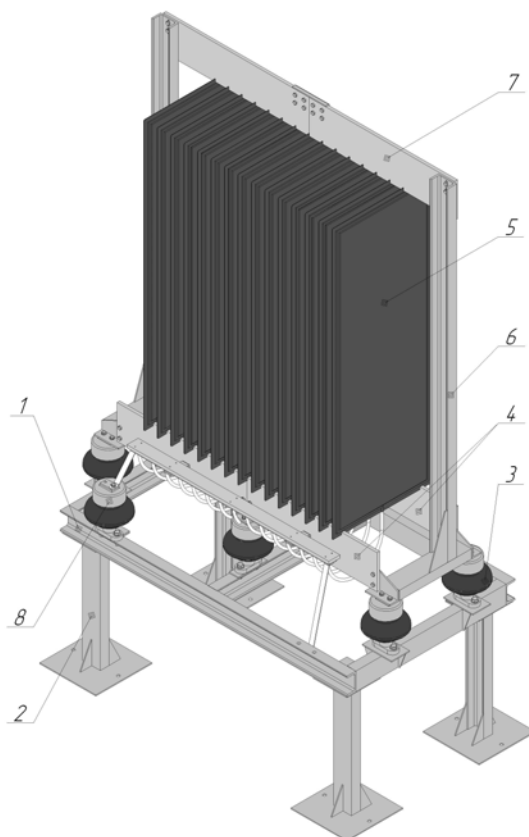
Описание унифицированного блока:

Основание (1) установлено на 4-х опорных стойках (2). На основании установлены опорные изоляторы (3). Закрепленные на изоляторах изоляционные пластины (4) служат опорой для элементов резистора защитного (ЭРЗ) (5). В жестко закрепленных на изоляторах вертикальных стойках (6) установлена регулируемая по высоте изоляционная пластина (7), с помощью которой производится фиксация сверху элементов резистора ЭРЗ.

Конструктивное выполнение резистора в виде набора вертикально ориентированных отдельных пластин создает хороший теплоотвод от пластин в воздух за счет естественной конвекции. Это дает возможность стационарной работы резистора в неполнофазном режиме. В соответствии с правилами эксплуатации электроустановок неполнофазный режим может продолжаться до 6 часов без отключения потребителей и резистора.

Выполнение резистора из набора отдельных пластинчатых элементов дает возможность легко и быстро подобрать необходимое количество составляющих элементов для обеспечения нужного сопротивления и мощности в сетях от 3 до 35 кВ.

Технические характеристики резисторов типа РЗ приведены в таблицах 2-5.



*Рисунок 2 - Унифицированный резистивный блок
1 - основание, 2 - опорные стойки, 3 - опорные изоляторы, 4 - изоляционные пластины,
5 - элементы резистора защитного, 6 - вертикальные стойки, 7 - изоляционные пластины,
8 - изолятор для подключения подвода от нейтрали сети*

Таблица 2

Технические характеристики резисторов типа РЗ

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение сети, кВ	3, 6, 10, 35
Номинальная мощность, кВт	до 200
Сопротивление, Ом	100-10000
Время эксплуатации РЗ в режиме однофазного замыкания на землю, не более, час	6

Таблица 3

Основные технические характеристики резисторов типа РЗ на напряжение 6 кВ

Напряжение, кВ	Номинал резистора, Ом	Кол-во блоков	Число ЭРЗ	Мощность резистора, не более, кВт	Номер чертежа
6	200	2	2x30	60	БОЛИД 3.905.000-04
6	250	2	2x24	48	БОЛИД 3.905.000-03
6	300-350	2	2x20	40	БОЛИД 3.905.000-02
6	400-450	2	2x17	34	БОЛИД 3.905.000-01
6	500-550	1	24	24	БОЛИД 3.903.000-03
6	600-700	1	20	20	БОЛИД 3.903.000-02
6	750	1	17	17	БОЛИД 3.903.000-01
6	800-850	1	15	15	БОЛИД 3.903.000
6	900-1000	1	20	14	БОЛИД 3.923.000-02
6	1050-1100	1	17	11,9	БОЛИД 3.923.000-01
6	1150-1250	1	15	10,5	БОЛИД 3.923.000
6	1300-1400	1	20	10	БОЛИД 3.922.000-02
6	1450-1500-1550	1	17	8,5	БОЛИД 3.922.000-01
6	≥1650	1	15	7,5	БОЛИД 3.922.000

Таблица 4

Основные технические характеристики резисторов типа РЗ на напряжение 10 кВ

Напряжение, кВ	Номинал резистора, Ом	Кол-во блоков	Число ЭРЗ	Мощность резистора, не более, кВт	Номер чертежа
10	500	2	2x34	68	БОЛИД 3.905.000-05
10	600	2	2x30	60	БОЛИД 3.905.000-04
10	700-800	2	2x24	48	БОЛИД 3.905.000-03
10	900-1000	2	2x20	40	БОЛИД 3.905.000-02
10	1200-1300	1	30	30	БОЛИД 3.903.000-04
10	1400-1600	1	24	24	БОЛИД 3.903.000-03
10	1700-1800-1900-2000	1	20	20	БОЛИД 3.903.000-02
10	2100-2150-2200	1	17	17	БОЛИД 3.903.000-01
10	2300-3100	1	15	15	БОЛИД 3.903.000
10	3200-3600	1	15	10,5	БОЛИД 3.923.000
10	3600-3900	1	20	10	БОЛИД 3.922.000-02
10	4000-4400	1	17	8,5	БОЛИД 3.922.000-01
10	4500	1	15	7,5	БОЛИД 3.922.000

Таблица 5

Основные технические характеристики резисторов типа РЗ на напряжение 35 кВ

Напряжение, кВ	Номинал резистора, Ом	Кол-во блоков	Число ЭРЗ	Мощность резистора, не более, кВт	Номер чертежа
35	1750-2200	8	240	233,3	БОЛИД 3.919.000
35	2300-3400	6	180	178	БОЛИД 3.932.000
35	3500-6600	4	120	117	БОЛИД 3.911.000
35	7000-120000	2	60	58,3	БОЛИД 3.904.000

Установка

Резисторы РЗ располагаются на свободной площади ОРУ или ЗРУ. Подключение резистора рекомендуется выполнять к нейтрали сети через разъединитель с целью отключения резистора для осмотра и технического обслуживания.

Резистор РЗ должен иметь, в соответствии с требованиями ПУЭ, сплошное сетчатое ограждение высотой не менее 2 м, расстояние от элементов конструкции резистора до элементов ограждения должно быть не менее указанного в ПУЭ.

В случае установки конструкции резистора на фундаментные опоры с высотой, обеспечивающей расположение нижней кромки фарфора изоляторов над уровнем планировки или наземных коммуникационных сооружений на высоте не менее 2,5 м, согласно нормам ПУЭ резистор разрешается не ограждать.

В конструкции резистора предусмотрен отдельный изолятор, предназначенный для подключения подвода от нейтрали электрической сети.

Подключение подвода резистора типа РЗ к нейтрали электрической сети 6-35 кВ может осуществляться с помощью кабеля, провода или шины, присоединяемых к нижнему или к верхнему изолятору, в зависимости от вида подвода.

Вид выполнения подвода определяется исходя из удаленности разъединителя от верхнего фланца изолятора резистора, либо других особенностей конкретной подстанции.

При выполнении подвода кабелем крепление может осуществляться к нижнему изолятору, установленному на основании. Подвод, выполняемый шиной или голым проводом, должен проходить выше сетчатого ограждения резистора, при этом крепление производится к верхнему изолятору, установленному на вертикальной стойке. При необходимости выполнения подвода к верхнему изолятору – кронштейн, шина, верхний изолятор заказываются отдельно и вносятся соответствующие изменения в чертежи. При использовании верхнего изолятора увеличивается габаритная высота резистора для сети 6-10 кВ на 210 мм, резисторов для сети 35 кВ на 460 мм.

Вывод последнего ЭРЗ соединяется с помощью шины к приваренному на основании болту заземления. По требованию заказчика может быть осуществлен «изолированный» вывод. В данном случае шина присоединяется к отдельному изолятору, установленному на основании.

Заземление блока резистивных элементов выполняется путем присоединения заземляющего проводника от общего контура заземления электроустановки к болтам заземления блока.

Допускается установка резистора на другие опоры, например балки или рамы, сваренные из швеллеров, обеспечивающие устойчивое расположение резистора в строго горизонтальном положении с отклонениями не более ± 1 мм. Опоры должны обеспечить выдерживание нагрузки в 1,5 раза превышающей вес резистора.

При заказе резистора необходимо еще раз уточнить конструкцию данного типа РЗ, сделать запрос чертежа фундамента. По специальному заказу допускается изготавливать резисторы на согласованное сопротивление и согласованные габаритные размеры.

Схема подключения резистора

Рекомендуется подключать резистор к нейтрали трансформатора со схемой соединения обмоток: звезда с выведенной нейтралью/треугольник.

При отсутствии явно выведенной нейтрали подключения резисторов осуществляется к нейтралю фильтров нулевой последовательности типа ФМЗО через разъединитель.

В случае комбинированного использования РЗ и ДГР рекомендуем независимое подключение каждого устройства к нейтрали трансформатора, позволяющее независимое использование устройств.

Конструкция резистора является ремонтпригодной. Срок службы - 20 лет.

В составе резисторов серии РЗ нет составных частей и материалов, представляющих опасность для жизни, здоровья людей и окружающей среды.

Изготовитель гарантирует соответствие резистора защитного РЗ требованиям технической документации в течение 24 месяцев эксплуатации с момента получения резистора потребителем, при соблюдении правил эксплуатации и хранения.

Резисторы типа РЗ для установки в шкафах КРУ

Для ограничения перенапряжений в сетях собственных нужд электростанций напряжением 3, 6, 10 кВ выпускаются резисторы типа РЗ номиналом 50-300 Ом. Эти резисторы предназначены для установки в шкафах КРУ, длительность их работы в режиме ОЗЗ ограничена и определяется быстродействием релейной защиты. Габаритно-установочный чертеж резистора приведен на рисунке 3. Технические характеристики резистора для установки в шкафы КРУ приведены в таблице 6.

Резистор состоит из элементов резистора защитного (ЭРЗ) 1, закрепленных в раме из стеклотекстолита 2. Каждый ЭРЗ выполнен из трех последовательно соединенных электропроводных элементов на основе композиционного материала «ЭКОМ» (ТУ 3414-005-11840528-97), помещенных между изолирующими прокладками из слюдопласта в стальной корпус.

Изоляционный каркас из стеклотекстолита 2 устанавливается на опорных изоляторах (на чертеже не показаны, в комплект поставки не входят) в шкафах КРУ.

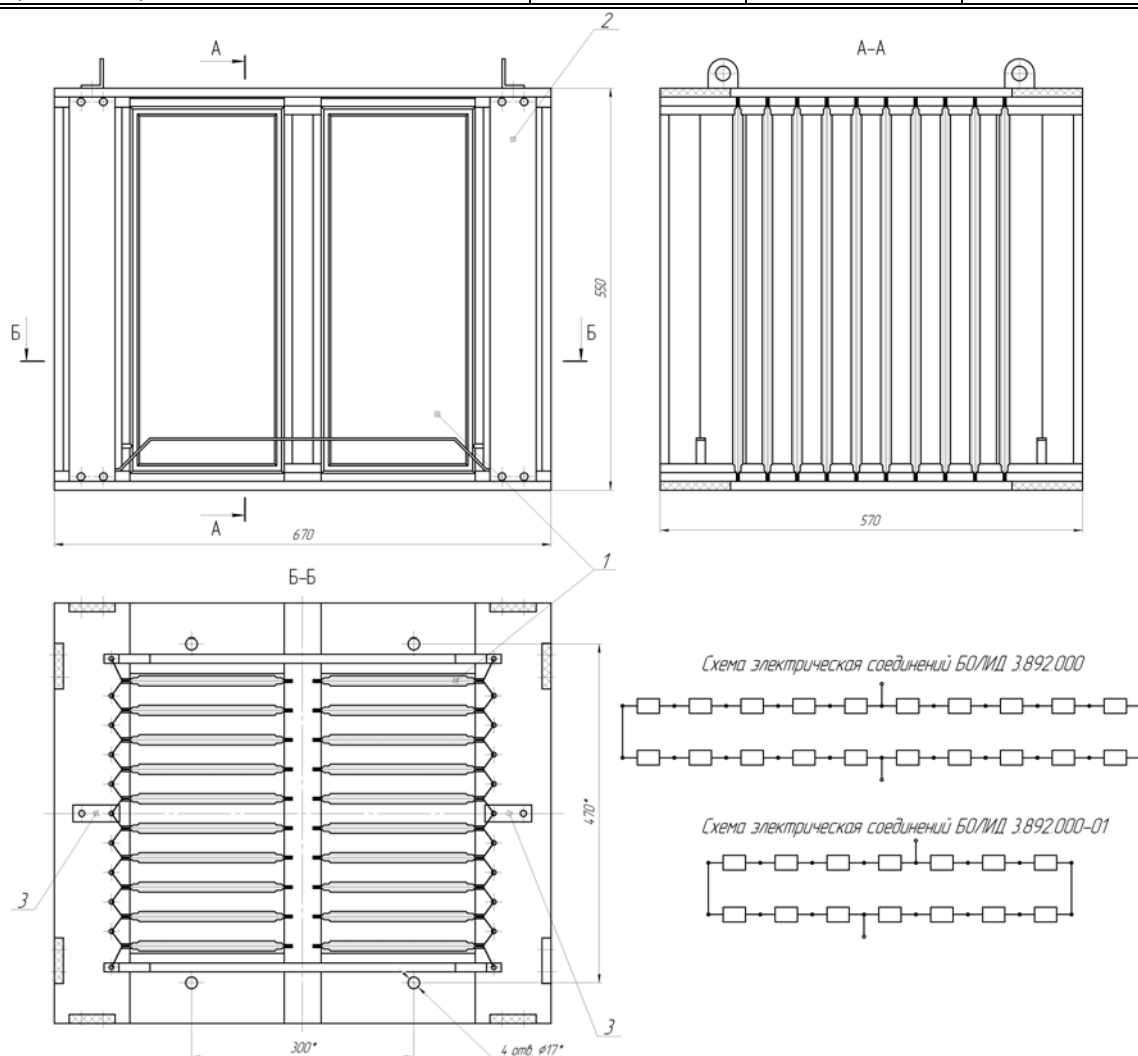
Электрическая схема соединения резистора – две параллельных электрически цепи последовательно соединенных ЭРЗ. Подключение резистора осуществляется к выводам 3.

Резистор в данном устройстве является элементом устройства и работает в комплексе с релейной защитой. Кроме того, энергетически резистор в данной конструкции рассчитан на воздействие тока однофазного замыкания на землю 40 А только в течение 1,5 секунд. По заказу могут быть изготовлены в этих же габаритах резисторы номиналов от 50 до 1500 Ом, резисторы в тропическом исполнении, а также резисторы для сетей 35 кВ.

Таблица 6

Технические характеристики резисторов типа РЗ для установки в шкафах КРУ

Наименование параметра	РЗ-50-3-66	РЗ-100-6-176	РЗ-150-10-345
Сопротивление, Ом	$50,0 \pm 5 \%$	$100,0 \pm 5 \%$	$150,0 \pm 5 \%$
Номинальное напряжение сети, кВ	3	6	10
Наибольшее рабочее напряжение сети, кВ	3,6	7,2	12
Допустимые токи через резистор, А	в течение 15 с	40	40
	в течение 1 ч	7,2	5
	в течение 2 ч	5	3,5
Климатическое исполнение	УХЛЗ	УХЛЗ	УХЛЗ
Группа механического исполнения по стойкости к вибрационным воздействиям	М39	М39	М39
Срок службы, не менее, лет	30	30	30
Габаритные размеры, L x B x H, мм	670 x 570 x 550	670 x 570 x 550	670 x 570 x 550
Масса, не более, кг	75	75	95



Обозначение	Номинальное напряжение, кВ	Сопротивление, Ом	Количество резистивных элементов, шт	Вес, кг
БОЛИД 3.892.000	10	150	20	96,2
-01	6	100	14	74

Рисунок 3 - Резистор заземления нейтрали для комплектации шкафов КРУ
 1 - элемент резистора защитного (ЭРЗ), 2 - изоляционный каркас из стеклотекстолита,
 3 - выводы

Резистор импульсный для установки в кабельных сетях

Назначение

Резистор импульсный типа РЗИ-12-72000-20 предназначен для ограничения перенапряжений в кабельных сетях номинальным напряжением 20 кВ (преимущественно кабели из сшитого полиэтилена). Длительность работы резистора в режиме ОЗЗ ограничена и определяется быстродействием релейной защиты. Габаритно-установочный чертеж резистора приведен на рисунке 4. Технические характеристики резистора приведены в таблице 7.

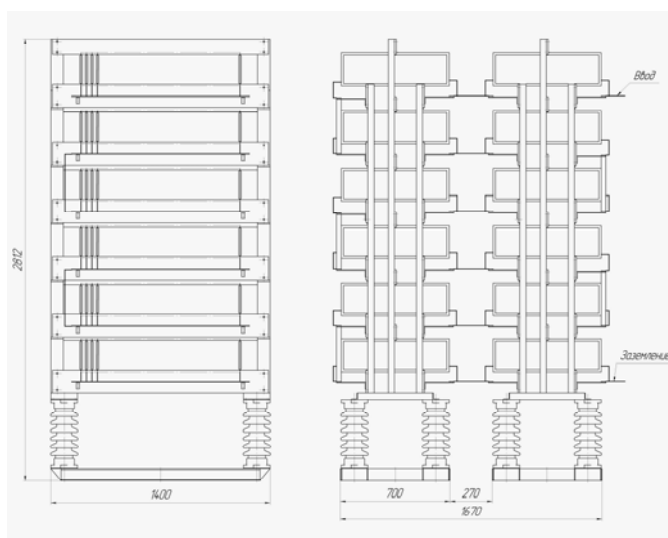
Таблица 7

*Основные технические характеристики резистора импульсного
типа РЗ-12-72000-20 на напряжение 20 кВ*

Наименование параметра	РЗ-12-72000-20
Сопротивление, Ом	12,0 ± 5 %
Номинальное напряжение сети, кВ	20
Наибольшее рабочее напряжение сети, кВ	24
Допустимые токи через резистор, А	
в течение 5 с	1000
в течение 10 с	100
длительно	40
Климатическое исполнение	УХЛ2
Группа механического исполнения по стойкости к вибрационным воздействиям	М39
Срок службы, не менее, лет	30
Габаритные размеры, L x B x H, мм	1670 x 1400 x 2812
Масса, не более, кг	2250

Конструктивное исполнение и основные особенности

В состав резистора входят 2 основания, на которых установлены по 4 изолятора типа ИОС-35-500 УХЛ1. На изоляторах закреплены по две стойки. К стойкам крепятся гребенки, которые служат опорой для 360 элементов резистора ЭРЗ (по 180 ЭРЗ на каждое основание).



Обозначение	Количество ЭРЗ	Масса не более кг
60/111 31925.000	360	2250

**Рисунок 4 - Габаритный чертеж
Резистор импульсный типа РЗ-12-11111-20 для сети 20 кВ**