



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

КОРПОРАТИВНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА ОАО «МРСК СИБИРИ»

ВЫБОР РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6, 10 И 35 КВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПРЕДИСЛОВИЕ

а) сведения о разработке стандарта:

РАЗРАБОТАН:

Отделом технической политики управления
технического развития ОАО «МРСК Сибири»

б) сведения об утверждении стандарта и введении его в действие:

УТВЕРЖДЕН:

СО 2.069/0-ЛУ от 07.12.2009 г.

ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:

Приказом № 555 от 07.12.2009 г.

в) сведения о гармонизации стандарта

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ЯВЛЯЕТСЯ НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ КОРПОРАТИВНОЙ
СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОАО «МРСК СИБИРИ»

г) сведения о реализации в стандарте норм федеральных законов и технических регламентов:

В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ

ОРГАНИЗАЦИИ РЕАЛИЗОВАНЫ

НОРМЫ:

д) сведения о стандарте (стандартах), взамен которого (которых) разработан утвержденный
стандарт:

ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ

СОДЕРЖАНИЕ

1	Область применения.....	1
2	Термины, определения, обозначения и сокращения.....	1
3	Перенапряжения при однофазных замыканиях на землю в сетях 6,10 и 35 кВ.....	2
4	Заземление нейтрали сети 6, 10 и 35 кВ через высокоомный резистор	4
5	Заземление нейтрали сети 6, 10 и 35 кВ через низкоомный резистор	6
6	Заземление нейтрали сети 6, 10 и 35 кВ через дугогасящий реактор	7
7	Комбинированное заземление нейтрали в сетях напряжением 6, 10 и 35 кВ.....	8
8	Рекомендуемые режимы заземления нейтрали сетей напряжением 6, 10 и 35 кВ.....	9
9	Резисторы для заземления нейтрали типа РЗ.....	11
10	Дугогасящие реакторы.....	25
11	Системы управления дугогасящими реакторами.....	32
12	Библиография.....	36

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

КОРПОРАТИВНАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА

ОАО «МРСК СИБИРИ»

**ВЫБОР РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6, 10 И 35 КВ
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

УТВЕРЖДЕНО: СО 2.069/0-ЛУ

СО 2.069/0-00

ДАТА ВВЕДЕНИЯ: 07.12.2009Г.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт организации определяет состояние нейтрали сетей напряжением 6, 10 и 35 кВ объектов ОАО «МРСК Сибири» и подведомственных РСК, выбор технических средств по регулированию режима заземления нейтрали сети и обоснование их параметров.

Настоящий стандарт организации предназначен для использования при проектировании новых, а также при проведении технического перевооружения и реконструкции действующих электроустановок в филиалах ОАО «МРСК Сибири» и подведомственных РСК.

Положения стандарта являются обязательными для ОАО «МРСК Сибири» и подведомственных РСК в установленном порядке.

2 ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем стандарте организации применены следующие термины с соответствующими определениями:

Дуговое замыкание на землю - замыкание на землю, сопровождающееся горением дуги в месте повреждения.

Дуговое перенапряжение - перенапряжение, возникающее в сети при неустойчивом горении дуги в месте повреждения.

Бестоковая пауза (при дуговом замыкании) – интервал времени между моментом погасания дуги и ее повторным зажиганием.

Режим заземления нейтрали сети - способ эксплуатации нейтрали сети (изолированная нейтраль или нейтраль с подключенным оборудованием, изменяющим характер и величину тока однофазного замыкания на землю).

Резистивное заземление нейтрали сети - преднамеренное электрическое соединение нейтрали источника питания или специального нейтралеобразующего трансформатора с заземляющим устройством через активное сопротивление с целью подавления перенапряжений и феррорезонансных явлений при однофазном замыкании на землю и для выявления поврежденного присоединения.

Высокоомное резистивное заземление нейтрали сети - резистивное заземление нейтрали, выполняемое с целью ограничения перенапряжений при ОДЗ и феррорезонансных явлений обеспечивающее длительную работу сети с однофазным замыканием на землю (на время поиска и отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом).

Трансформатор для заземления нейтрали и резистор должны быть рассчитаны на длительный режим работы.

Низкоомное резистивное заземление нейтрали сети - резистивное заземление нейтрали, выполняемое с целью ограничения дуговых перенапряжений и быстрого отключения однофазного замыкания на землю.

Трансформатор для заземления нейтрали и резистор выбираются исходя из кратковременного режима их работы.

Заземление нейтрали сети через дугогасящий реактор - преднамеренное электрическое соединение нейтрали сети с заземляющим устройством через дугогасящий реактор, который создает индуктивный ток с целью компенсации емкостного тока в месте однофазного замыкания на землю.

Резонансное заземление нейтрали - заземление нейтрали при котором индуктивный ток в ДГР равен емкостному току сети.

Комбинированное заземление нейтрали - заземление нейтрали, при котором параллельно дугогасящему реактору подключается высокоомный резистор.

Феррорезонансные явления - перенапряжения и сверхтоки в обмотках измерительных трансформаторов напряжения, возникающие в результате насыщения их магнитопроводов и соблюдения существования резонансных условий в схеме, содержащей емкость электрооборудования сети и индуктивности намагничивания трансформаторов напряжения.

Подведомственные РСК – региональные распределительные сетевые компании, с которыми заключены договоры управления, в которых ОАО «МРСК Сибири» выступает в качестве единоличного исполнительного органа

В настоящем стандарте организации применены следующие обозначения и сокращения:

ВЛ – воздушные линии;

ВН – высокое напряжение;

ДГР – дугогасящий реактор;

ЗРУ – закрытое распределительное устройство;

ОДЗ – однофазное дуговое замыкание на землю;

ОЗЗ – однофазное замыкание на землю;

РУСН – распределительное устройство собственных нужд;

ТЗН – трансформатор для заземления нейтрали;

ТТП – трансформатор тока нулевой последовательности;

ФМЗО – фильтр масляный нулевой последовательности;

ТН – трансформатор напряжения.

КНП – контур нулевой последовательности.

3 ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6,10 И 35 КВ

Наибольшая доля среди всех аварийных повреждений в сетях 6,10 и 35 кВ связана с возникновением однофазного замыкания на землю через перемежающуюся дугу[1]. Многократные погасания и последующие зажигания заземляющей дуги сопровождаются перезарядкой емкостей фаз и перенапряжениями.

Дуговые перенапряжения, возникающие при перемежающемся дуговом замыкании на землю, опасны для изоляции отдельных видов электрооборудования вследствие высоких кратностей перенапряжений $U_{пер}=(3,5-3,8)U_{фм}$, своей продолжительности и широты охвата сети, электрически

связанной с местом повреждения, и могут приводить к возникновению двухфазных, трехфазных замыканий, множественных повреждений оборудования [2-10].

При однофазном замыкании на землю в кабелях возникновение перемежающейся дуги наиболее вероятно в начальной стадии ОЗЗ, пока не наступило обуглероживание дугового канала и возможно кратковременное восстановление электрической прочности изоляционного промежутка после погасания дуги.

Параметры переходного процесса при возникновении однофазного дугового замыкания в сети с изолированной или заземленной через ДГР нейтралью определяются параметрами контура нулевой последовательности сети: емкостью фаз; индуктивностями линии, нейтралеобразующего трансформатора и ДГР; индуктивностью намагничивания ТН и сопротивлением дуги.

Основными факторами, определяющими максимальный уровень перенапряжения при ОДЗ, являются: напряжение на аварийной фазе в момент первичного зажигания дуги, момент погасания дуги и напряжение на нейтрали сети при повторном зажигании дуги.

На начальных стадиях горения дуги процесс носит неустойчивый характер, при котором окончательному погасанию дуги предшествует несколько попыток гашения при переходе тока в дуге через нулевое значение, с последующим повторным зажиганием дуги. Такая перемежающаяся дуга приводит к развитию колебаний, возникающих при каждом обрыве и зажигании дуги, т.е. к возникновению дуговых перенапряжений на неповрежденных фазах сети.

Перенапряжения при дуговом замыкании на землю обусловлены тем, что последующие пробой происходят при ненулевых значениях напряжения на нейтрали сети, которое зависит от условий гашения дуги после первого пробоя и составляют (0,5-1,2) $U_{фн}$. Максимальные величины перенапряжений возникают, если наблюдается гашение дуги при переходе через первые нулевые значения свободной составляющей тока дуги. При гашении дуги происходит перераспределение заряда емкостей неповрежденных фаз и поврежденной фазы с возникновением напряжения смещения нейтрали. Последующие зажигания дуги в момент максимума напряжения на аварийной фазе приводят к перенапряжениям на неповрежденных фазах, которые способствуют возникновению множественных повреждений в элементах сети не рассчитанных на длительное воздействие перенапряжений (кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, стареющая и ослабленная изоляция).

На длительность горения дуги и условия ее гашения оказывают существенное влияние переходное сопротивление в месте горения дуги, определяемое видом диэлектрика, непосредственно контактирующего с дуговым каналом, интенсивностью ее охлаждения, давлением в зоне горения дуги, возможностью ее растяжения и др.

Кратности и характер дуговых перенапряжений при однофазном замыкании на землю в значительной степени определяются режимом заземления нейтрали сети.

В настоящее время используются следующие режимы нейтрали сетей среднего напряжения:

- изолированная (незаземленная);
- глухозаземленная (в ОАО «МРСК Сибири» и подведомственных РСК не применяется);
- заземленная через дугогасящий реактор;
- заземленная через резистор (низкоомный или высокоомный);
- комбинированное заземление нейтрали (параллельное соединение дугогасящего реактора и резистора).

Применение защит от однофазных замыканий на землю, действующих на отключение поврежденного присоединения, для сетей с изолированной нейтралью и нейтралью, заземленной через ДГР, не исключает возможность возникновения дуговых перенапряжений, опасных для изоляции электрооборудования.

Заземление нейтрали сети через резистор (постоянно подключенный к нейтрали сети) позволяет эффективно ограничить перенапряжения (20 - 30 % от величины перенапряжений) на всех этапах дуговых однофазных замыканий на землю.

4 ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ СЕТИ 6, 10 И 35 КВ ЧЕРЕЗ ВЫСОКООМНЫЙ РЕЗИСТОР

Главной целью применения высокоомного резистивного заземления нейтрали сети является ограничение дуговых перенапряжений и устранение феррорезонансных явлений при одновременном обеспечении длительной работы сети с ОЗЗ на время поиска и отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом.

Снижение напряжения на нейтрали и ограничение перенапряжений при дуговом замыкании на землю достигается за счет уменьшения постоянной времени разряда емкости здоровых фаз во время бестоковой паузы с помощью специально установленного резистора RN, обеспечивающего уменьшение активного сопротивления цепи протекания тока на землю, а, следовательно, и напряжения на нейтрали в случае повторных зажигания дуги. Схемы подключения резистора к нейтрали сети приведены на рис.1

Резистор подключается к сети с помощью трансформатора либо специального нейтралеобразующего устройства.

Подключение RN к сети с помощью трансформатора со схемой соединения обмоток Yо/Δ может выполнено между нулевой точкой обмотки высокого напряжения ТЗН и контуром заземления и показано на рис.1а.

В случае отсутствия трансформатора со схемой соединения обмоток Yо/Δ требуется применение специального нейтралеобразующего устройства и схема подключения показана на рис. 1б.

Схема подключения резистора определяется структурой сети и параметрами установленного оборудования. При этом мощность устройств определяется исходя из необходимости длительной работы в режиме однофазного замыкания и обеспечения апериодического процесса разряда емкости фаз в течение бестоковой паузы.

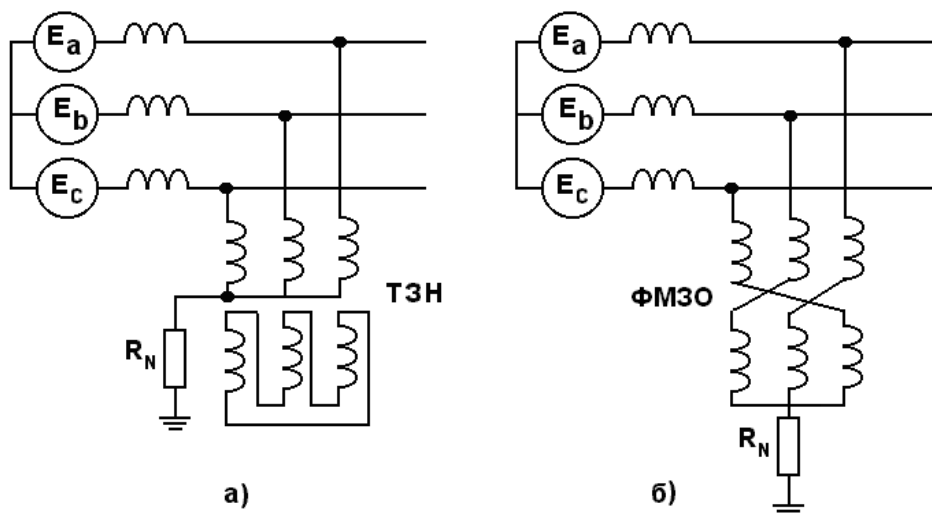


Рис. 1 – Схемы подключения резистора к нейтрали сети

В сетях 6 и 10 кВ наиболее предпочтительны варианты подключения резистора к нейтрали ТЗН или специальных фильтров нулевой последовательности типа ФМЗО.

В сетях 35 кВ наиболее предпочтительны варианты подключения резистора к нейтрали 35 кВ силового трансформатора 110/35/10(6)кВ со схемой соединения $Y_0/Y_0/\Delta$ или ТЗН.

Для обеспечения полного разряда емкостей фаз за время, равное 0,008 – 0,010с, сопротивление резистора выбирают из условия, чтобы активная составляющая тока замыкания на землю I_R была равна или больше емкостной составляющей I_C

$$I_R \geq I_C \quad (1)$$

Исходя из этого условия, сопротивление резистора R_N , Ом, для схемы на рисунке 1, вычисляют по формуле

$$R_{N \leq} \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot I_C}, \quad (2)$$

где U_{BH} – линейное напряжение стороны высшего напряжения трансформатора, В;
 I_C – емкостный ток ОЗЗ, А.

Расчетную мощность трансформатора заземления нейтрали и резистора R_N , S (ВА), вычисляют по формуле

$$S \geq U_{BH}^2 / 3 \cdot R_N \quad (3)$$

Значение тока I_R , А, протекающего через резистор в режиме ОЗЗ для схемы на рисунке 1.а, вычисляют по формуле

$$I_R = \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot R_N} \quad (4)$$

Ток $I^{(1)}$ в месте ОЗЗ равен геометрической сумме емкостного тока сети и активного тока, создаваемого устройством заземления нейтрали. Значение тока $I^{(1)}$ вычисляют по формуле

$$I^{(1)} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \quad (5)$$

С учетом формулы 1

$$I^{(1)} \geq \sqrt{2} \cdot I_C \quad (6)$$

При увеличении сопротивления резистора по сравнению со значением, вычисленным по формуле 2, напряжение на нейтрали за время бестоковой паузы снижается не до нуля, а до конкретной величины ΔU_N , что приводит к увеличению уровня дуговых перенапряжений.

Значение сопротивления резистора, вычисленное по формуле 2, является избыточным по рассеиваемой мощности. Более точно сопротивление резистора в нейтрали, обеспечивающего разряд емкостей фаз за время бестоковой паузы, вычисляют с учетом активных потерь в сети, исходя из величины тока замыкания на землю и требуемого ограничения уровня дуговых перенапряжений. Расчет производят по специализированной программе расчета электромагнитных переходных процессов в соответствии с [11,12].

5 ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ СЕТИ 6, 10 И 35 КВ ЧЕРЕЗ НИЗКООМНЫЙ РЕЗИСТОР

Главной целью применения низкоомного резистивного заземления нейтрали сети является создание условий горения устойчивой дуги и быстрое отключение ОЗЗ релейной защитой. При этом также обеспечивается глубокое ограничение перенапряжений и нарушение условий существования феррорезонансных явлений.

Низкоомное резистивное заземление нейтрали сети осуществляют с помощью специального трансформатора заземления нейтрали ТЗН со схемой соединения обмоток Y_0/Δ , согласно рисунку 1(а) или с применением нейтралеобразующего ФМЗО, согласно рисунку 1(б).

Сопротивление резистора выбирают наименьшим, исходя из двух условий:

- обеспечения устойчивого горения дуги при ОЗЗ, по которому ток резистора должен превышать емкостной ток ОЗЗ в $m=3.5 \div 4$ раза

$$R_N \leq \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot I_C \cdot m};$$

- обеспечение селективного срабатывания токовых защит на отключение ОЗЗ (создание первичного тока ОЗЗ не менее 40 А), по которому ток резистора должен превышать максимальный ток срабатывания $I_{СЗ, \text{МАКС}}$ защиты от ОЗЗ

$$R_N \leq \frac{U_{BH}}{\sqrt{3} \cdot I_{C.3.макс}}, \quad (7)$$

Выбранный из условия обеспечения селективности релейной защиты от ОЗЗ резистор, как правило, создает активный ток, существенно превышающий емкостный. Если емкостный ток значительно меньше активного $I_C < I_R$, то ток ОЗЗ можно вычислять по формуле

$$I_3 \approx I_R = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot R_N}, \quad (8)$$

где U_H - линейное напряжение сети.

Релейная защита от ОЗЗ устанавливается на всех присоединениях с действием на отключение этих присоединений. Если кабельная линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то трансформаторы тока ТТНП устанавливаются на каждом кабеле.

Ток срабатывания защиты присоединений от ОЗЗ I_{C3} (А), вычисляют по формуле

$$I = K_H \cdot K_\delta \cdot I_C, \quad (9)$$

где K_H - коэффициент надежности, принимается равным 1,2;

K_δ - коэффициент, учитывающий бросок емкостного тока, принимается для реле РТЗ-51 равным 2 - 3, для реле РТЗ-50 равным 3 - 4, для цифровых терминалов равным 1,2;

I_C - емкостный ток ТТНП защищаемого присоединения при ОЗЗ.

Защита от ОЗЗ в сети, оснащенной низкоомным резистором, должна иметь задержку по времени срабатывания с целью отстройки от броска емкостного тока.

6 ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ СЕТИ 6, 10 И 35 КВ ЧЕРЕЗ ДУГОГАСЯЩИЙ РЕАКТОР

Заземление нейтрали сети через ДГР обеспечивает компенсацию емкостных токов в месте замыкания и снижение дуговых перенапряжений. Однако опасность возникновения больших уровней перенапряжений сохраняется в случае неточной настройки дугогасящего реактора, а также при сочетании ОДЗ и неполнофазных режимов, возникающих при запаздывании в отключении или отказе отдельных полюсов выключателя.

Основные указания по выполнению компенсации емкостного тока замыкания на землю, а также производству специальных измерений с целью настройки компенсации приведены в [15]. Выбор реактора осуществляется по методике, изложенной в [2].

При резонансном заземлении нейтрали сети после возникновения ОЗЗ и погасании тока дуги возможны повторные пробой при напряжении меньшем или равном фазному, что приводит к перенапряжениям на неповрежденных фазах, не превышающим, как правило, 2,4Uф.

При неточной настройке ДГР процесс выравнивания напряжений фаз после погасания дуги носит характер биений, частота которых определяется степенью расстройки компенсации и добротностью контура нулевой последовательности сети. При точной настройке ДГР или небольшой перекомпенсации, расстройка и возникновение биений при ОЗЗ возможны при отключении присоединения с большим емкостным током подпитки. Опасность биений состоит в

том, что повторное замыкание может произойти при напряжении, больше номинального, что вызывает эскалацию (нарастание уровня) перенапряжений на здоровых фазах.

При расстройке компенсации свыше 10% дуговые перенапряжения достигают $(2,8 \div 3,0)U_{\phi}$, что с точки зрения ограничения перенапряжений делает применение ДГР неэффективным.

Устройства релейной защиты от ОЗЗ, основанные на токовом принципе, не функционируют в условиях точной компенсации емкостного тока однофазного замыкания на землю. Для работы наиболее массовых устройств релейной защиты необходимо, чтобы ток ОЗЗ превышал ток срабатывания защиты I_{C3} , поэтому сети с ДГР часто эксплуатируют с перекомпенсацией емкостного тока ОЗЗ. В этом случае для обеспечения работы защиты от ОЗЗ должно выполняться условие

$$I_3 = I_L - I_C > I_{C3} \quad (10)$$

то есть ток замыкания должен быть больше тока срабатывания защиты.

При частой коммутации присоединений рекомендуется применять автоматическую настройку индуктивности дугогасящего реактора. Автоматическая настройка реактора позволяет снизить ток ОЗЗ до значений, определяемых точностью работы автоматики и принятой степенью отстройки от резонанса в нормальном режиме, добротностью контура нулевой последовательности сети. Подключение реакторов с автоматической настройкой степени компенсации применяется в схемах, допускающих длительное существование режима с неустранимым ОЗЗ.

При использовании дугогасящих реакторов с автоматической настройкой должна быть предусмотрена защита от ОЗЗ или индикация присоединения с ОЗЗ.

7 КОМБИНИРОВАННОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ НАПЯЖЕНИЕМ 6, 10 И 35 КВ

Значение сопротивления резистора R_N^* (Ом), позволяющего устранить биения, выбирают исходя из соотношения

$$R_N^* = U_{\phi} / \Delta I, \quad (11)$$

где $\Delta I = I_L - I_C$ – ток расстройки дугогасящего реактора, А.

Подключение параллельно ДГР резистора R_N^* сопротивлением, вычисленным по формуле (11), приводит к полному устранению биений после погасания дуги и снижению перенапряжений при повторных пробоях до уровня $U_{\max} \approx 2,4U_{\phi \max}$. Однако, чаще всего, мощность такого резистора является избыточной.

Уточнение значения сопротивления резистора, позволяющего снизить перенапряжения до заданной величины, осуществляется расчетным путем с учетом всех влияющих факторов по специализированным программам, изложенным в [11,12]. В этом случае параметры резистора рассчитывают исходя из необходимости обеспечения:

- ограничения перенапряжений в режиме ОЗЗ до заданной величины K_n (обычно до уровня $(2,4-2,6)U_{\phi}$);
- ограничения напряжений, возникающих на нейтрали в нормальном режиме за счет несимметрии параметров схемы;

- увеличения активной составляющей тока замыкания на землю до уровня, обеспечивающего селективную работу защит, основанных на токовом принципе;
- исключения опасных феррорезонансных явлений.

При подключении параллельно ДГР резистора с сопротивлением

$$R_N = (1,5...2,0) \cdot U_{\phi} / \Delta I \quad (12)$$

максимальные перенапряжения не превышают уровня $U_{\max} \approx 2.6 U_{\phi \max}$.

8 РЕКОМЕНДУЕМЫЕ РЕЖИМЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ СЕТЕЙ НАПЯЖЕНИЕМ 6, 10 И 35 КВ

На выбор варианта режима заземления нейтрали сети влияют следующие её характеристики:

- величина однофазного тока замыкания на землю I_c ;
- электрическая прочность изоляции электрооборудования;
- наличие вращающихся электрических машин;
- наличие кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена;
- возможность осуществления отключения присоединений с однофазным замыканием на землю (резервируемость нагрузки присоединений);
- электробезопасность.

Режим заземления нейтрали сетей 6, 10 кВ определяется величиной тока замыкания на землю, возможностью резервирования потребителей и электробезопасностью.

Режим заземления нейтрали сети 35 кВ определяется величиной тока замыкания на землю и электробезопасностью.

Использование кабелей 6-10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена, у которых отсутствует эффект восстановления электрической прочности изоляции после ее пробоя при ОЗЗ, требует для обеспечения гарантированного заводом-изготовителем срока службы быстрого отключения поврежденного присоединения или применение кабеля на напряжение превышающее номинальное напряжение сети [14].

Использование кабелей 35 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена требует применения релейной защиты с действием на отключение ОЗЗ.

При наличии резервирования потребителей независимо от величины емкостного тока рекомендуется низкоомное заземление нейтрали для отключения ОЗЗ.

Рекомендуемые способы заземления нейтрали сетей 6, 10 и 35 кВ. приведены в табл.1

Таб.1 Выбор режима заземления нейтрали сетей 6, 10 и 35 кВ

Значение I_c	Характеристика сети	Рекомендуемый режим заземления нейтрали сети	
		при действии релейной защиты на сигнал (без отключения присоединения с ОЗЗ)	при действии релейной защиты на отключение присоединения с ОЗЗ*
$I_c < 10A$	Сети 6 и 10 кВ с ВЛ на металлических и железобетонных опорах; Сети 35 кВ	Изолированная нейтраль	Заземление нейтрали сети через резистор с током, достаточным для обеспечения селективного отключения ОЗЗ. Требуемая величина тока резистора определяется типом используемых защит от ОЗЗ
	Сети 35 кВ с ослабленной изоляцией и (или) кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена	Высокоомный резистор в нейтрали	
$I_c \geq 10A$	Сети 6 и 10 кВ с ВЛ на металлических и железобетонных опорах; Сети 35 кВ	Компенсация тока ОЗЗ ДГР с автоматической точной подстройкой или компенсация тока ОЗЗ ДГР с автоматической точной подстройкой и параллельно подключенным высокоомным резистором (при технико-экономическом обосновании)	
$I_c < 30A$ для 6 кВ; $I_c < 20A$ для 10 кВ.	Сети 6 и 10 кВ (кроме ВЛ на металлических и железобетонных опорах)	Изолированная нейтраль	
	Сети 6 и 10 кВ с ослабленной изоляцией и (или) кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена (кроме ВЛ на металлических и железобетонных опорах)	Высокоомный резистор в нейтрали	
$I_c \geq 30A$ для 6 кВ; $I_c \geq 20A$ для 10 кВ.	Сети 6 и 10 кВ (кроме ВЛ на металлических и железобетонных опор)	Компенсация тока ОЗЗ ДГР с автоматической точной подстройкой или компенсация тока ОЗЗ ДГР с автоматической точной подстройкой и параллельно подключенным высокоомным резистором (при технико-экономическом обосновании)	Резистор в нейтрали сети с ограниченным временем протекания тока. Ток резистора изменяется от десятков до сотен ампер и зависит от типа защит от ОЗЗ Применение разделительного трансформатора

Действие релейной защиты на отключение присоединения с ОЗЗ для потребителей отключение, которых не требуется по условиям эксплуатации и безопасности выполнять при обеспечении возможности автоматического включения резервного питания.

Для секций шин подстанций с нагрузкой, отключение которой в режиме ОЗЗ недопустимо, ограничение дуговых перенапряжений осуществляется подключением к нейтрали сети резистора, сопротивление которого определяют по формуле 2. Резистор должен иметь исполнение, позволяющее длительную эксплуатацию в режиме ОЗЗ. При этом поиск и отключение поврежденного участка с ОЗЗ выполняется эксплуатационным персоналом. Активный ток, создаваемый резистором, используется для определения поврежденного присоединения с действием на сигнал.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю применяется [13]:

- а) в сетях напряжением 3-20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на воздушных линиях электропередачи, и во всех сетях напряжением 35 кВ - более 10 А;
- б) в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на воздушных линиях электропередачи:

- более 30 А при напряжении 3-6 кВ;
- более 20 А при напряжении 10 кВ;
- более 15 А при напряжении 15-20 кВ.

Подключение ДГР должно быть согласовано с функционированием релейной защиты от однофазных замыканий на землю. Осуществление селективного отключения ОЗЗ в реактированной сети возможно только при осуществлении перекомпенсации в соответствии с условием (10) или использовании специальных защит, основанных на наложении тока с частотой 16,6, 25 Гц или создании активной составляющей в токе однофазного замыкания.

Перенапряжения в сети с ДГР возникают при степени расстройки компенсации свыше 10 %. Так как подобный режим возможен при поиске ОЗЗ методом поэтапного отключения присоединений для отыскания повреждённых присоединений необходимо максимально использовать устройства РЗА действующие на сигнал.

Исключение перенапряжений при расстройке ДГР и создание условий для применения селективной защиты с определением и последующим плановым отключением ОЗЗ возможно при подключении параллельно ДГР резистора с сопротивлением, определяемым исходя из максимального ожидаемого значения тока расстройки ΔI по формуле 12.

9 РЕЗИСТОРЫ ДЛЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ТИПА РЗ

Резисторы присоединяются к нейтрали трехфазной сети класса напряжения 6,10, 35 кВ через трансформаторы с выведенной нейтралью или силовые фильтры нулевой последовательности (ФМЗО).

Резистор напряжением 6,10, 35 кВ предназначен для защиты сетевого оборудования от перенапряжений, возникающих при однофазных дуговых замыканиях на землю и феррорезонансных явлениях, путем заземления нейтрали в сети с номинальным напряжением 6, 10, 35 кВ. Ниже приведены технические характеристики резисторов типа РЗ в табл. 2 – 5. Возможно применение резисторов других предприятий - производителей с техническими характеристиками не хуже чем у РЗ.

Табл.2 Технические характеристики резисторов типа РЗ

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение сети, кВ	6, 10, 35
Номинальная мощность, кВт	до 210
Сопротивление, Ом	100-12000
Время эксплуатации РЗ в режиме однофазного замыкания на землю, не более, час	6

При формировании заказа указывать название резистора в соответствии со схемой и техническими характеристиками.

РЗ – Х – Х – Х - ХХ

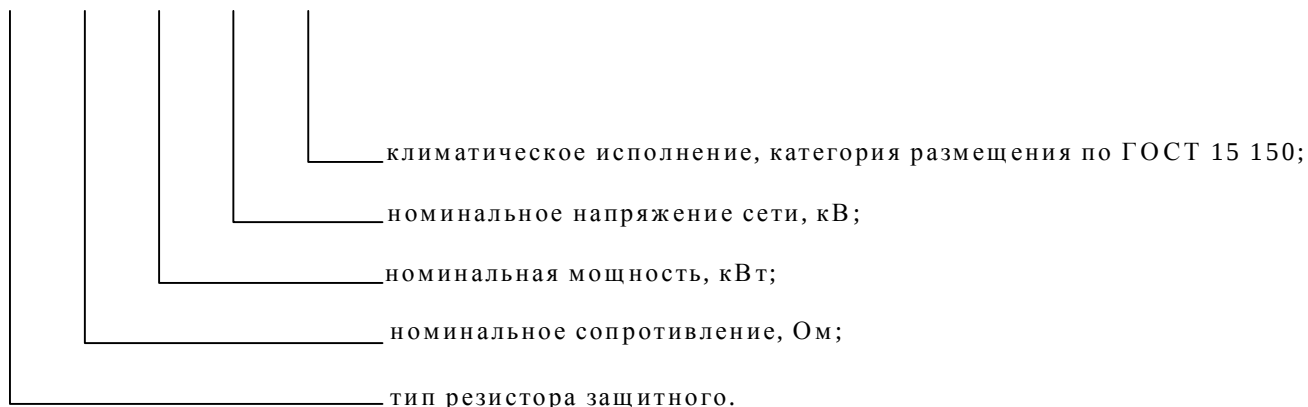


Табл. 3 Основные технические характеристики резисторов типа РЗ на напряжение 6 кВ

Напряжение, кВ	Номинальное сопротивление резистора, Ом	Мощность резистора, не более, кВт	Кол-во блоков	Число ЭРЗ	Номер чертежа
6	200	60	3	3х24	БОЛИД 3.908.000-03
6	300	40	3	3х15	БОЛИД 3.908.000
6	400	30	2	2х17	БОЛИД 3.905.000-01
6	500	24	2	2х15	БОЛИД 3.905.000
6	600	20	1	24	БОЛИД 3.903.000-03
6	700	17	1	20	БОЛИД 3.903.000-02
6	800	15	1	17	БОЛИД 3.903.000-01
6	900-1500	14-8	1	15	БОЛИД 3.903.000
6	1600-3000	7,5-4	1	30	БОЛИД 3.903.000-04

Табл.4 Основные технические характеристики резисторов типа РЗ на напряжение 10 кВ

Напряжение, кВ	Номинальное сопротивление резистора, Ом	Мощность резистора, не более, кВт	Кол-во блоков	Число ЭРЗ	Номер чертежа
10	200	167	6	6 х30	БОЛИД 3.940.000
10	500	67	3	3х24	БОЛИД 3.908.000-03
10	600	56	2	2х30	БОЛИД 3.905.000-04
10	700-800	48-42	2	2х24	БОЛИД 3.905.000-03
10	900-1000	37-34	2	2х20	БОЛИД 3.905.000-02
10	1200-1300	28-26	1	30	БОЛИД 3.903.000-04
10	1400-1700	24-21	1	24	БОЛИД 3.903.000-03
10	1800-2000	19-17	1	20	БОЛИД 3.903.000-02
10	2100-2200	16-15	1	17	БОЛИД 3.903.000-01
10	2300-2500	15-13,5	1	20	БОЛИД 3.903.000-02
10	2600-3000	13-11	1	24	БОЛИД 3.903.000-03
10	3100-3500	10,7-9,5	1	30	БОЛИД 3.903.000-04

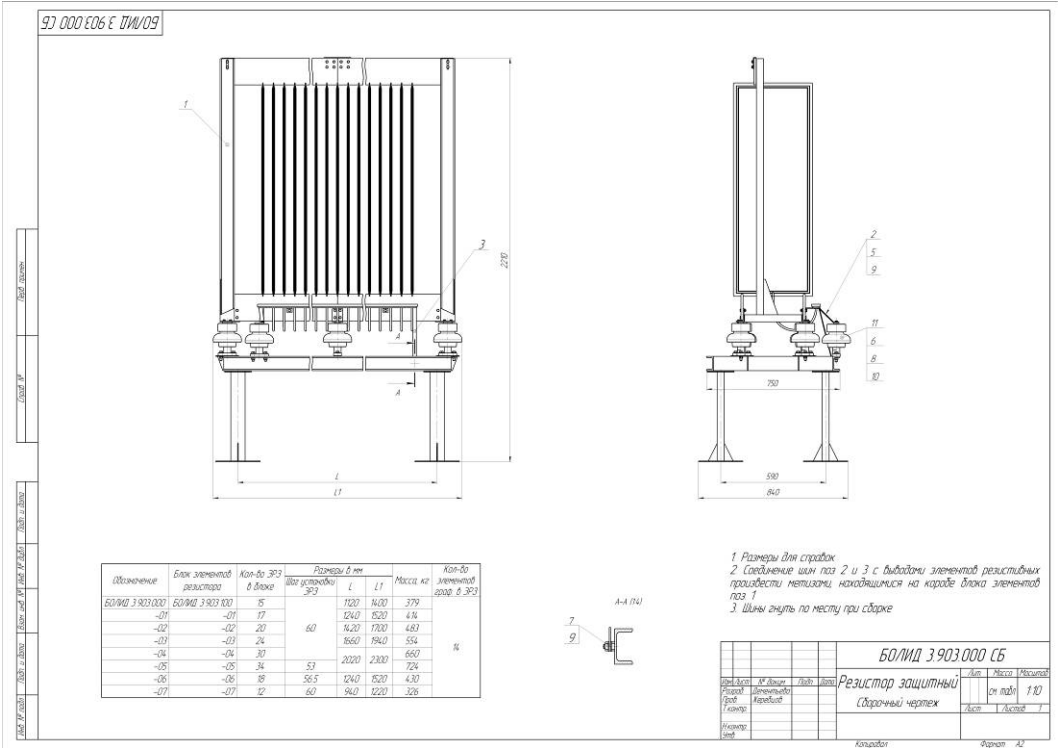
Табл. 5 Основные технические характеристики резисторов типа РЗ на напряжение 35 кВ

Напряжение, кВ	Номинальное сопротивление резистора, Ом	Мощность резистора, не более, кВт	Кол-во блоков	Число ЭРЗ	Номер чертежа
35	2000	204	8	8х30	БОЛИД 3.919.000
35	2300-2700	178-151	6	6х30	БОЛИД 3.932.000
35	3000	136	4	4х38	БОЛИД 3.954.000

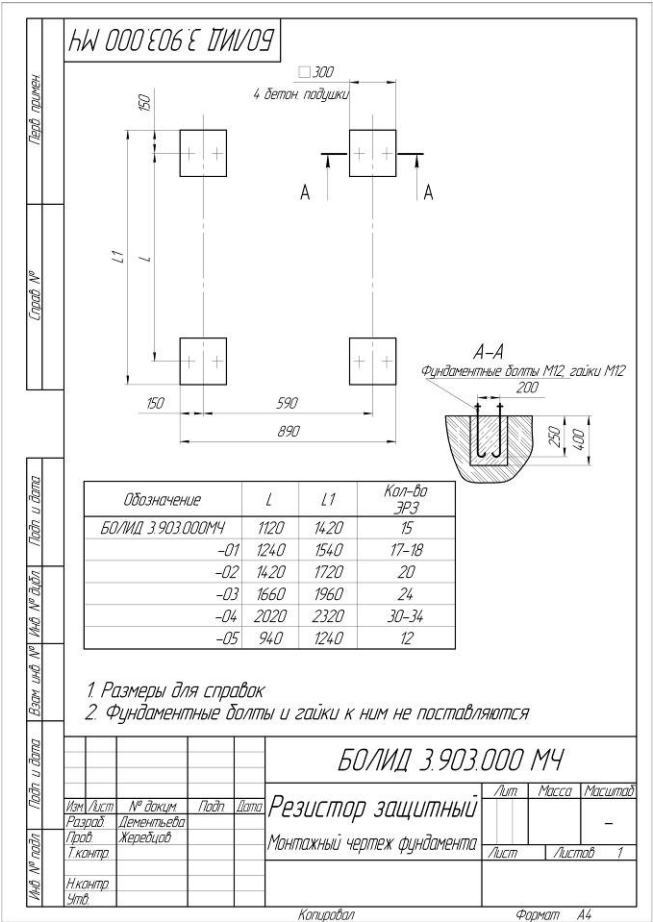
35	4000	102	4	4x30	БОЛИД 3.911.000
35	8000	51	2	2x30	БОЛИД 3.904.000
35	12000	34	2	2x44	БОЛИД 3.938.000-01

Габаритно-установочные чертежи резисторов типа РЗ для сетей 6, 10, 35 кВ приведены на рис. 2 - 11.

Пример подключения резистора к нейтрали трансформатора со схемой соединения обмоток "звезда с выведенной нейтралью/треугольник" приведен на рис. 12.

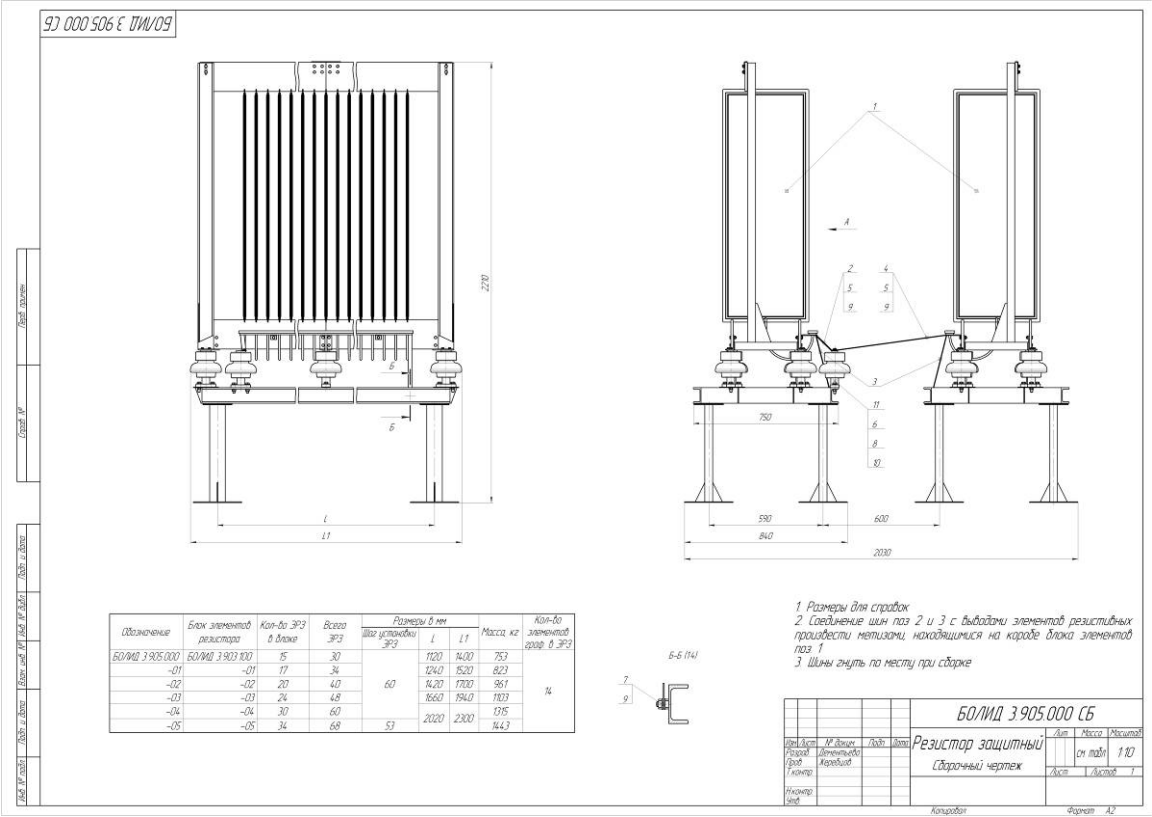


а) Габаритный чертеж

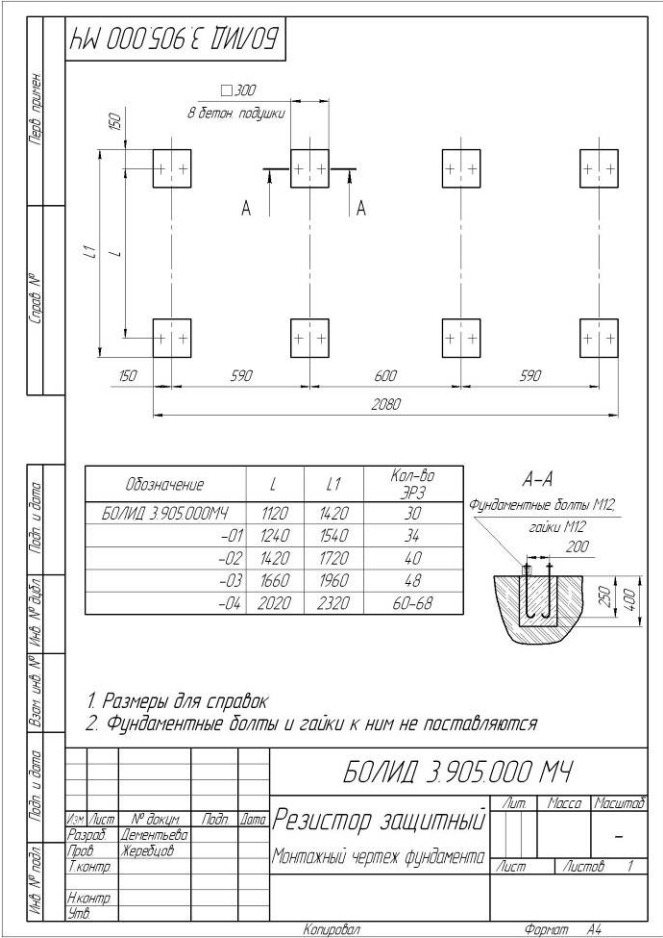


б) Чертеж фундамента

Рис. 2 - Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.903.000

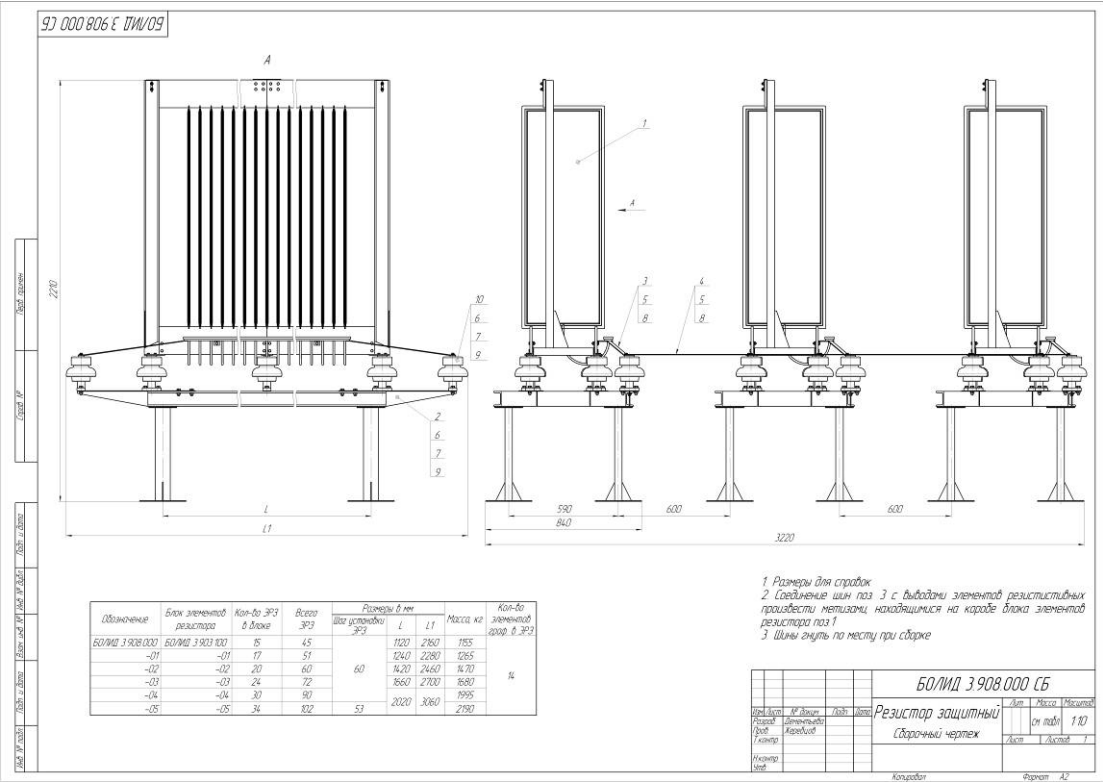


а) Габаритный чертеж

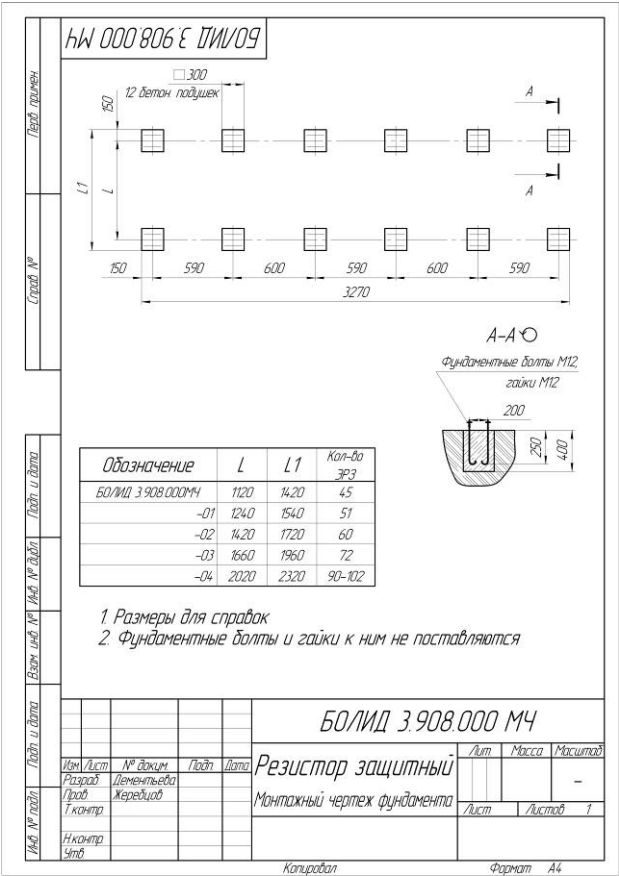


б) Чертеж фундамента

Рис. 3 - Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.905.000

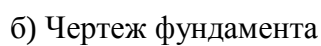


а) Габаритный чертеж

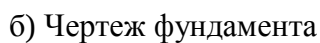


б) Чертеж фундамента

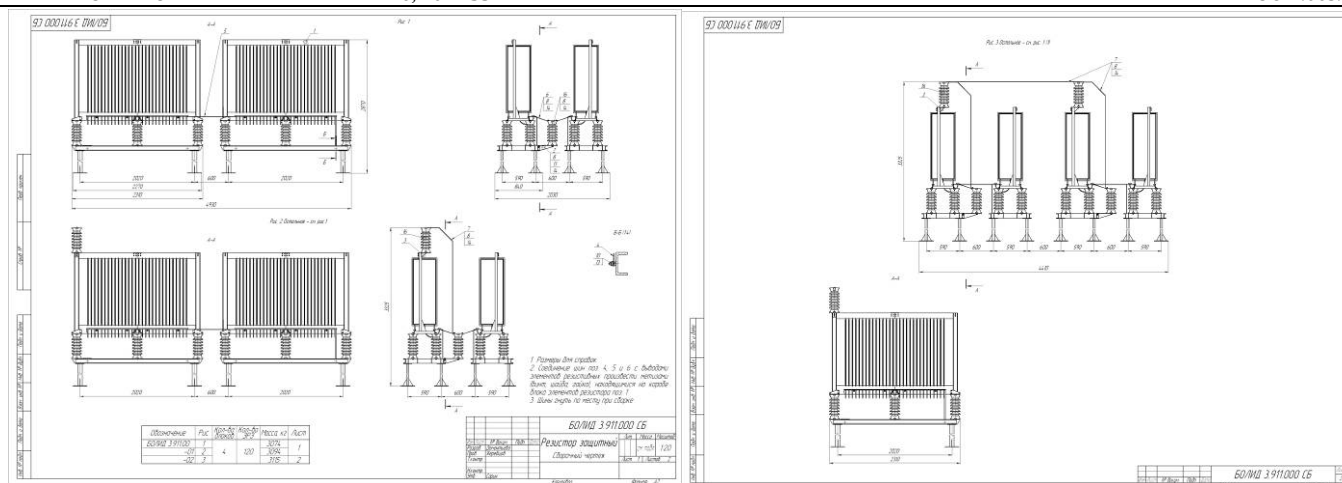
Рис.4 - Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.908.000



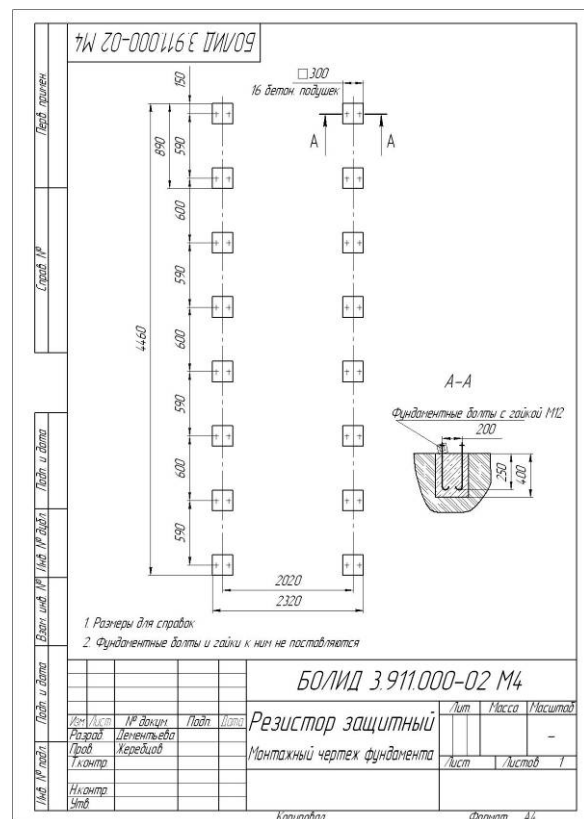
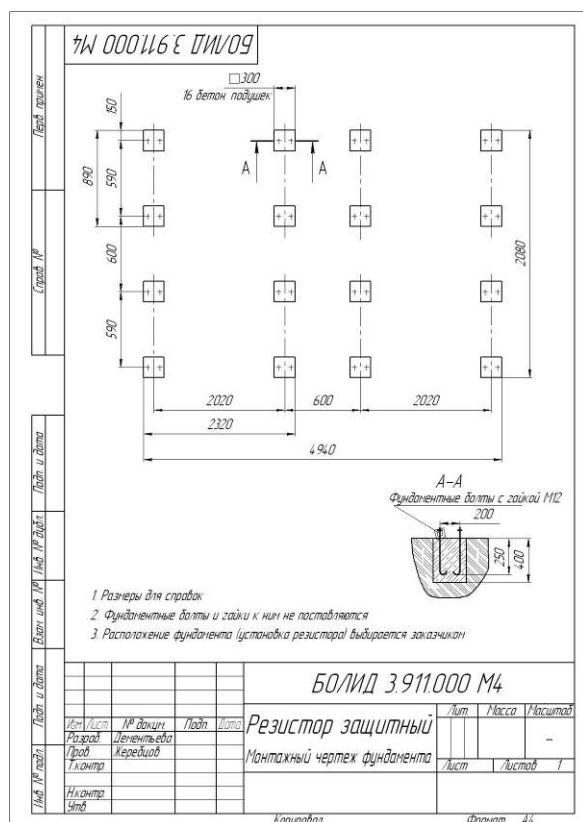
17



18

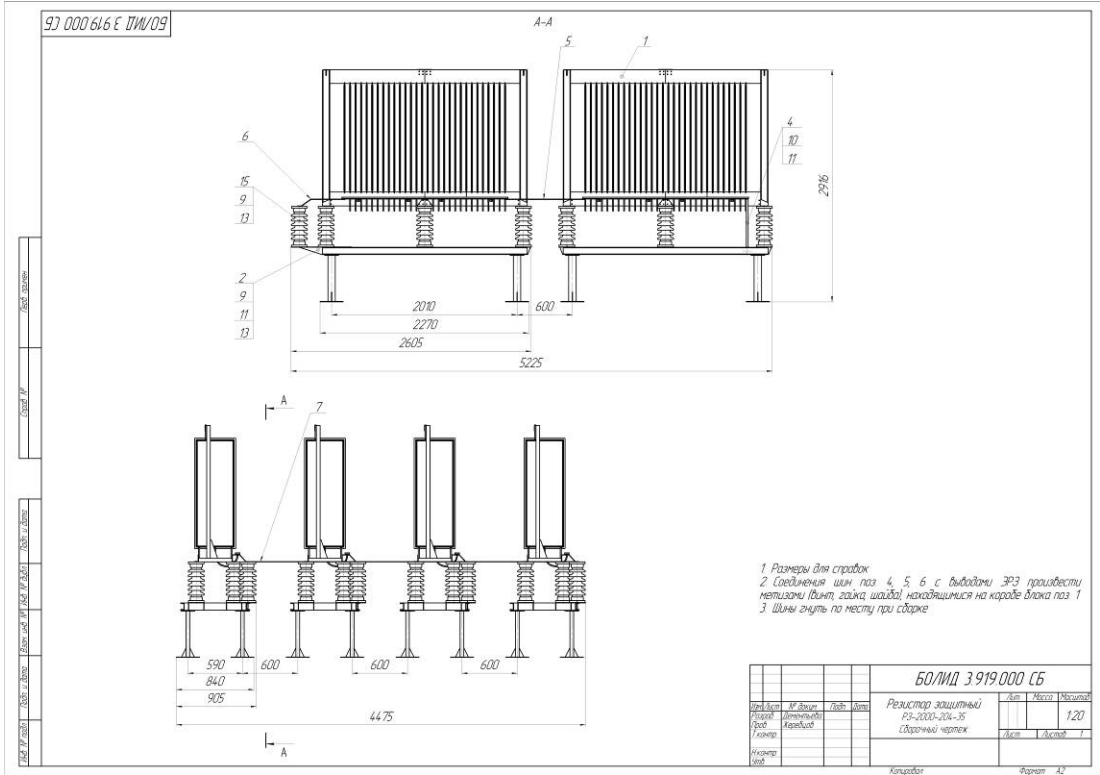


а) Габаритный чертеж

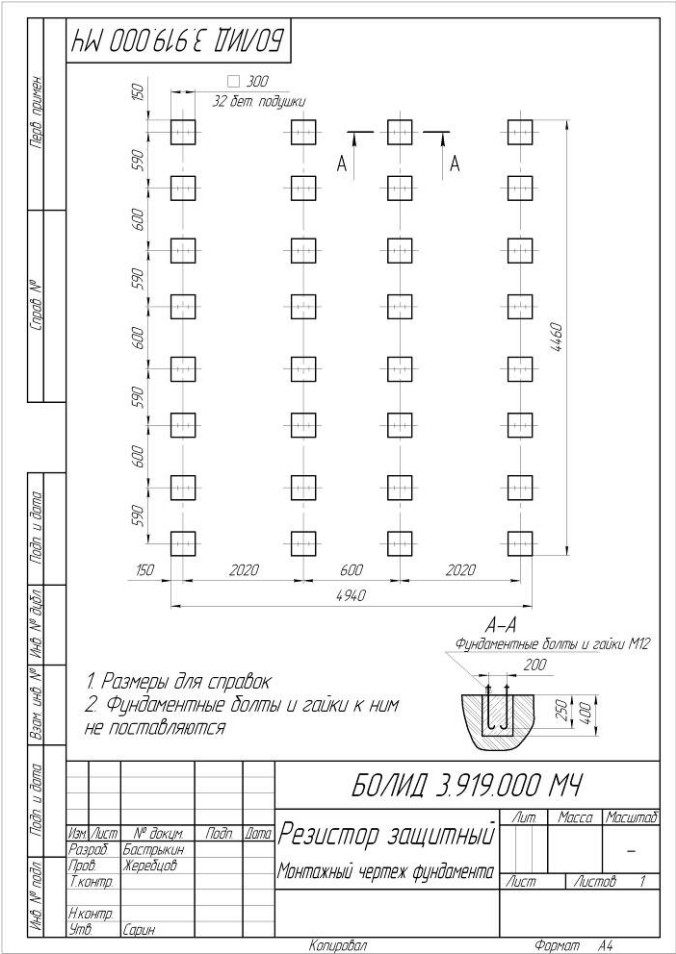


б) Чертеж фундамента

Рис.7 - Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.911.000

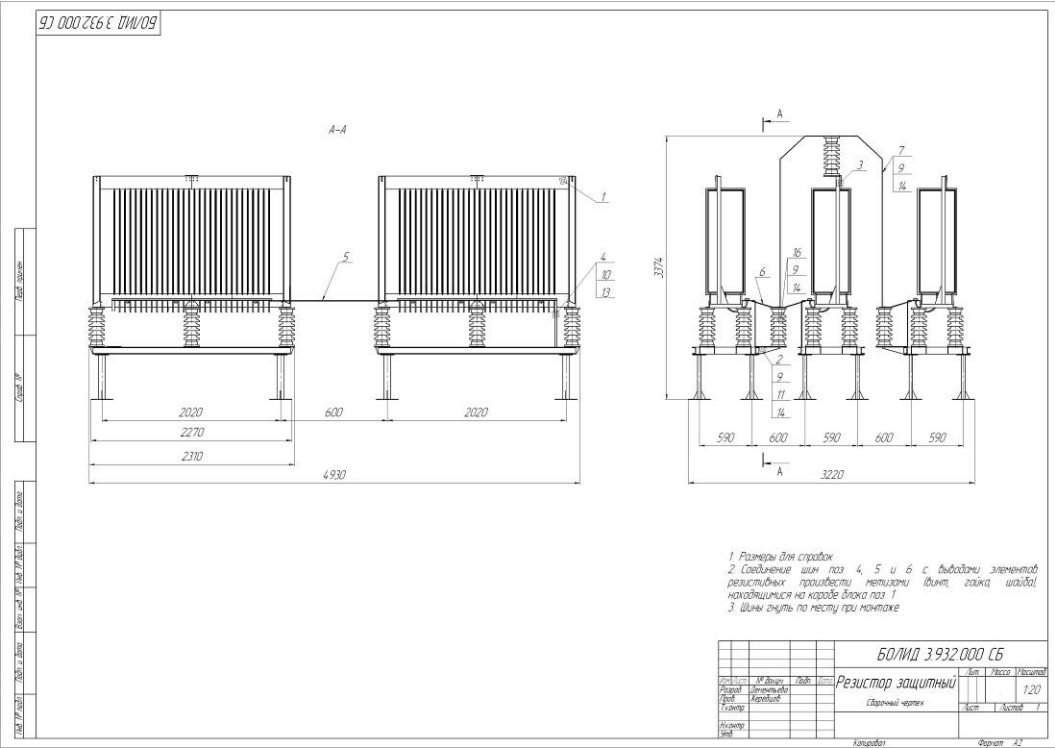


а) Габаритный чертеж

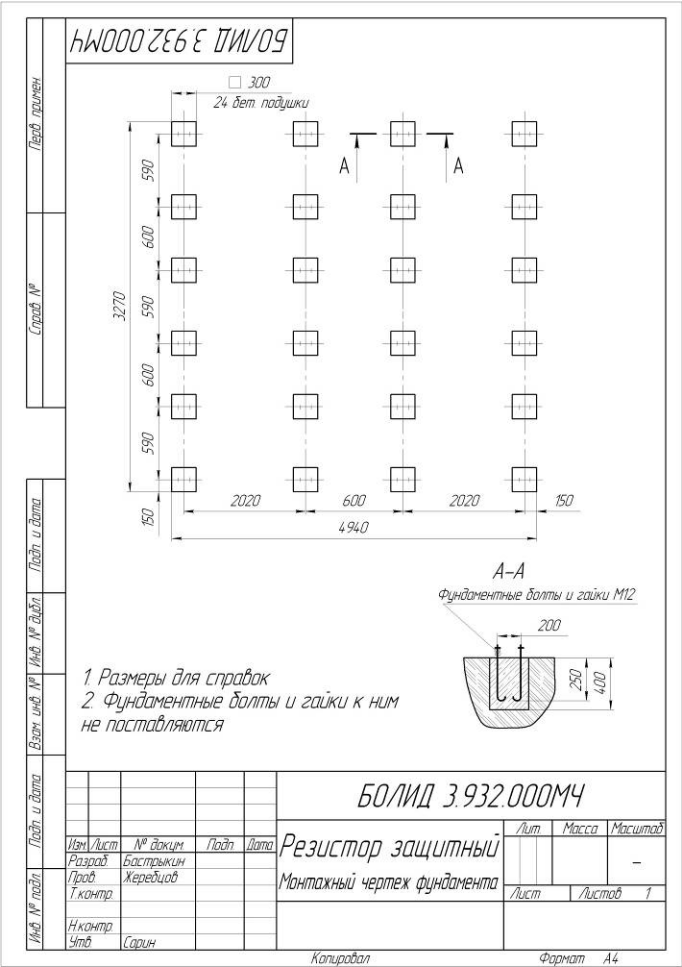


б) Чертеж фундамента

Рис.8 - Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.919.000

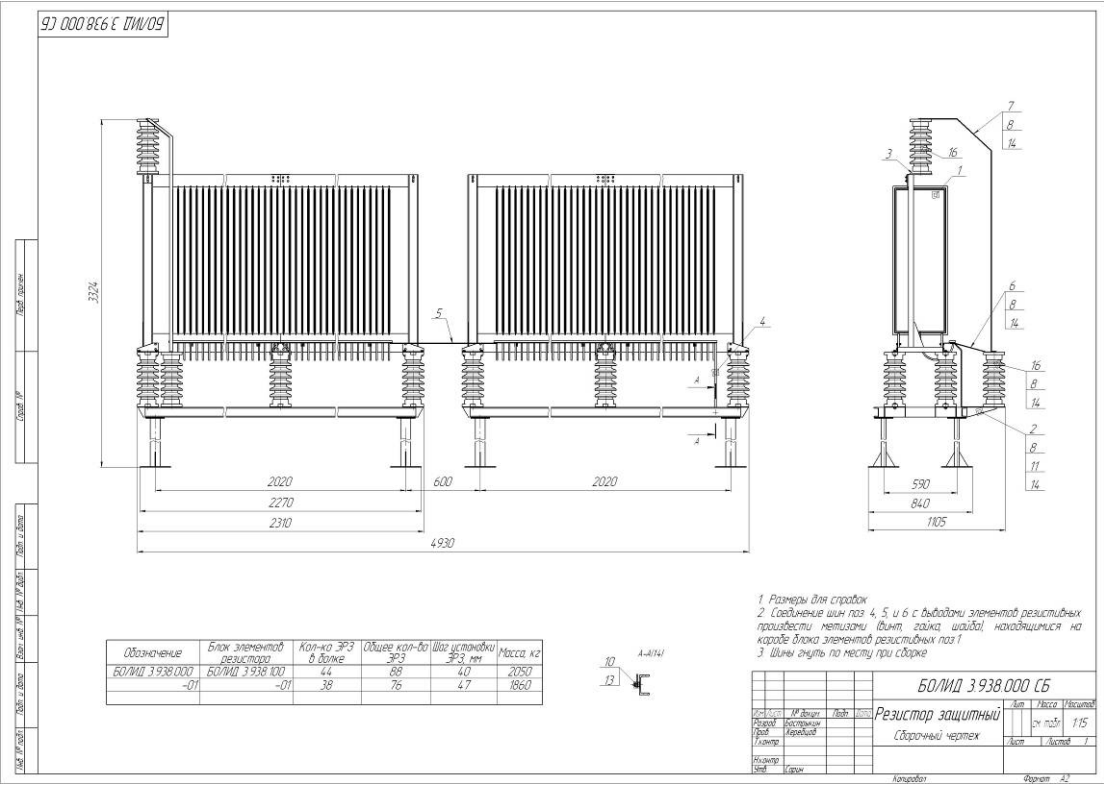


а) Габаритный чертёж

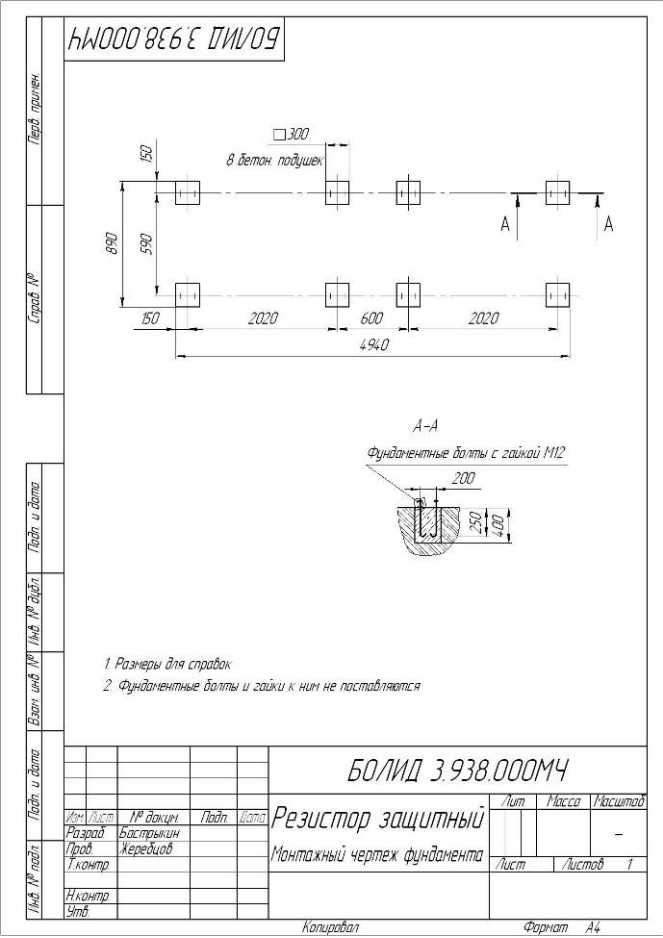


б) Чертёж фундамента

Рис.9 Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.932.000

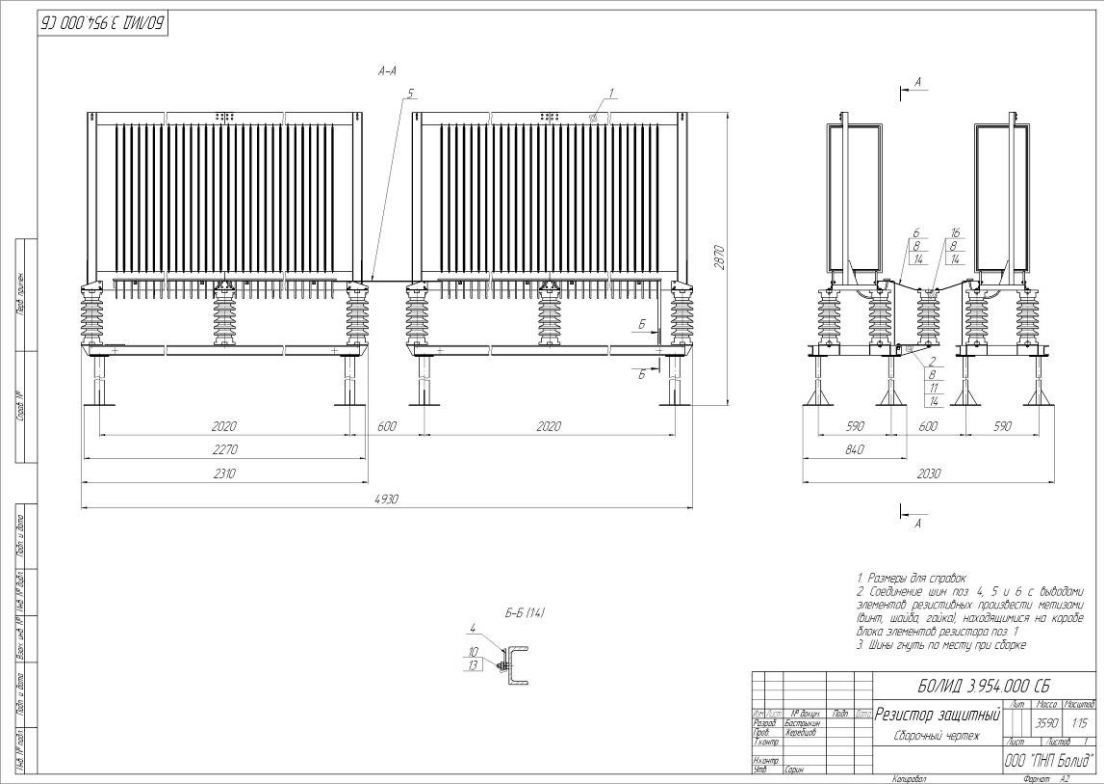


а) Габаритный чертеж



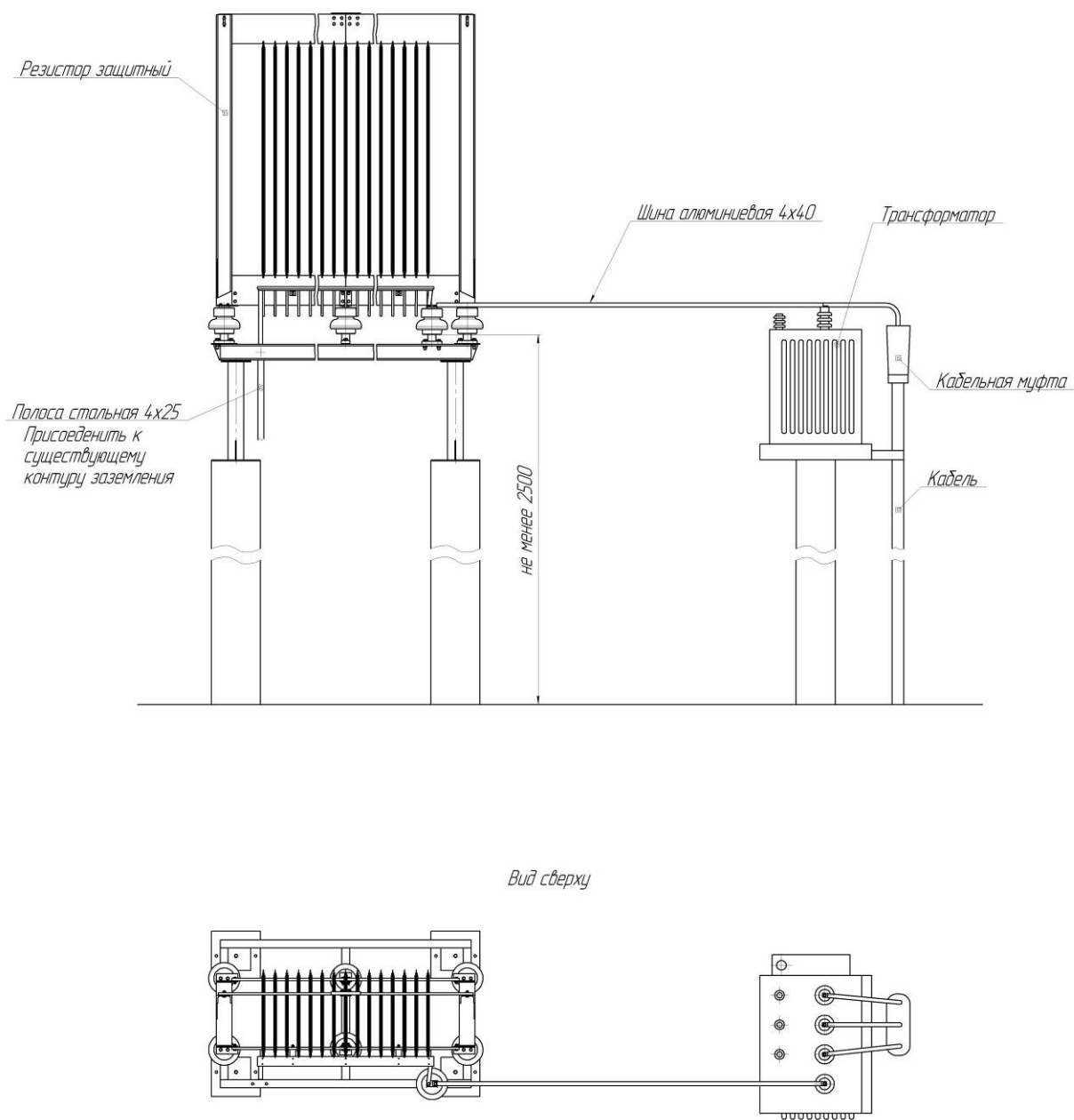
б) Чертеж фундамента

Рис. 10 Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.938.000



Габаритный чертеж

Рис. 11 Резистор типа РЗ по чертежу БОЛИД 3.954.000



Примечание: допускается установка резистора защитного и трансформатора на высоте менее 2,5 м. от уровня планировки или наземных коммуникаций до нижней кромки фарфора изоляторов. В данном случае оборудование должно иметь сплошное сетчатое ограждение согласно требованиям ПУЭ.

Рис. 12 Типовое техническое решение по установке резистора в нейтрали ТЗН

10 ДУГОГАСЯЩИЕ РЕАКТОРЫ

Подключение дугогасящих реакторов к сети класса напряжения 6,10, 35 кВ производится посредством специальных (присоединительных) трансформаторов с выведенной нейтралью (ТДГР) или ФМЗО. В сетях собственных нужд генерирующих компаний, где мощность ДГР существенно меньше мощности трансформаторов собственных нужд (ТСН), реакторы подключаются к нейтрали ТСН.

Дугогасящие реакторы предназначены для снижения тока однофазного замыкания на землю. Полная компенсация емкостного тока замыкания на землю способствует снижению уровня перенапряжений (до 2,4-2,6 U_{ϕ}), увеличению времени восстановления напряжения на поврежденной фазе, и, как следствие, повышению эффективности эксплуатации распределительных сетей 6...35 кВ.

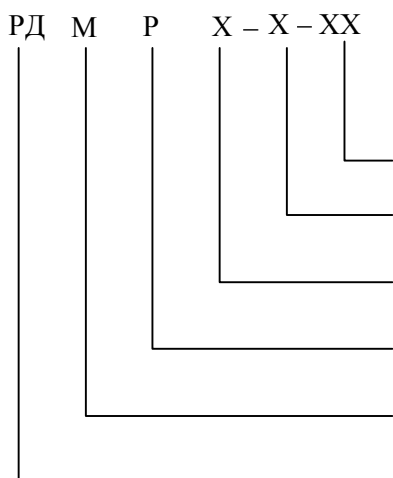
Оптимальными в сетях с развитой конфигурацией является применение плунжерных дугогасящих реакторов с большой кратностью регулирования индуктивного тока, что позволяет обеспечивать поддержание резонансной настройки контура нулевой последовательности (КНП) сети при значительных изменениях емкостного тока замыкания, связанного переключениями в сети. Экономически оправданным можно считать однореакторную схему компенсации в сети при максимальной величине емкостного тока 100 А при напряжении 10 кВ и 130-140 А в сети 6 кВ. При больших значениях тока замыкания экономически более выгодным является многореакторная схема компенсации, когда параллельно плунжерному ДГР подключается более дешевый реактор со ступенчатым регулированием индуктивного тока, например РЗДСОМ, ЗРОМ. Критерием выбора реактора ступенчатого регулирования является величина некомпенсированного плунжерным ДГР емкостного тока. Мощность ДГР этого вида регулирования, по требованиям условий обеспечения автоматической настройки КНП при всех изменениях конфигурации сети, должна быть не более 70% суммарной мощности подключенных к нейтрали сети плавнорегулируемого и ступенчатого реакторов. При токах однофазного замыкания в секции 250 А и выше необходимо применять дугогасящие реакторы большей мощности.

Основными производителями-поставщиками плунжерных ДГР на Российский рынок являются:

- «Уралспецэлектроремонт», г. Екатеринбург. выпускает ДГР типа РДМР;
- Холдинговая компания «Электрозавод», г. Москва – реакторы типа РЗДПОМ;
- Фирма «EGE», Чешская Республика, поставляет ДГР типа ASR и ZTC;
- Фирма «TRENCH», Австрия, поставляет ДГР типа «TRENCH».

Кроме плунжерных ДГР «ХК Электрозавод», г. Москва, выпускает реакторы со ступенчатым регулированием индуктивного тока типа РЗДСОМ.

Технические характеристики ДГР типа РДМР



климатическое исполнение, категория размещения;

номинальное напряжение, кВ;

номинальная мощность, кВАр;

регулируемый;

масляный (охлаждения);

тип реактора дугогасящего.

Табл. 6 Основные технические характеристики реакторов типа РДМР.

Тип реактора	Номинальная мощность, кВАр	Номинальное напряжение, В	Диапазон регулир. тока, А	Габариты: диам., выс. мм	Масса, кг.
РДМР-300/6	300	$6300/\sqrt{3}$	10 – 90	1290*2040	3050
РДМР-300/6*		$6300/\sqrt{3}$	6 – 147	1290*2040	3050
РДМР-485/10	485	$10500/\sqrt{3}$	10 – 80	1290*2040	3050
РДМР-485/10*		$10500/\sqrt{3}$	6 – 105	1290*2040	3050

*— специального исполнения (по заказу).

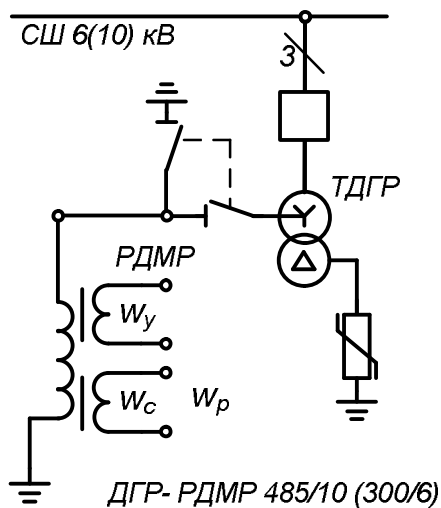


Рис. 13 а) Схема подключения ДГР плунжерного (при токах замыкания менее 100 А);

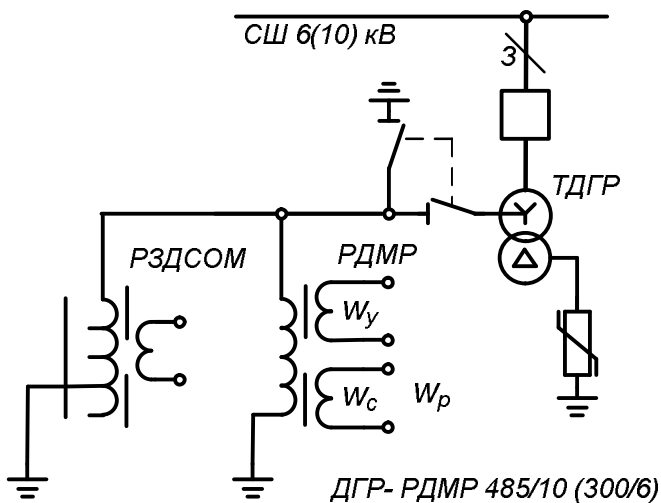
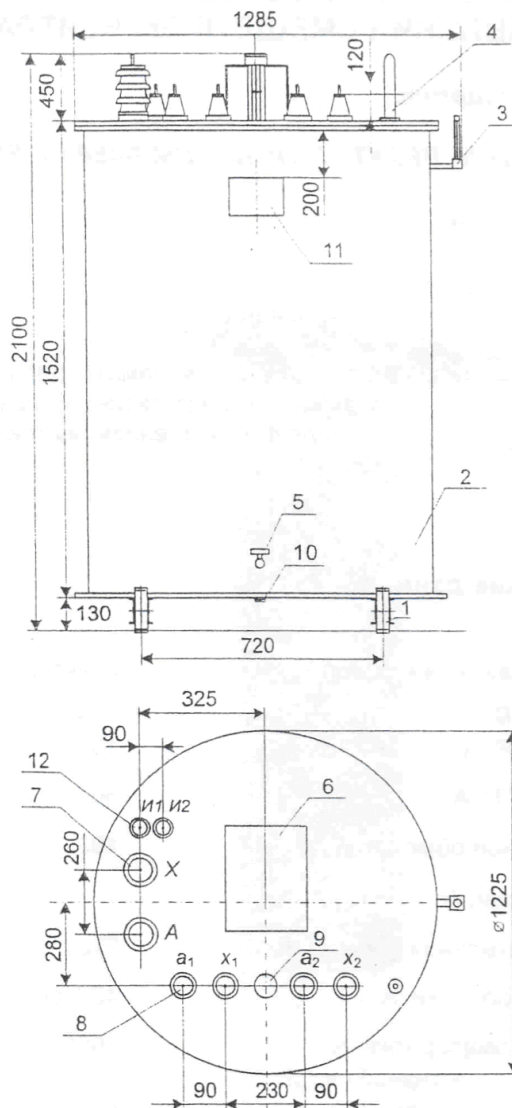


Рис. 13 б) Схема подключения ДГР плунжерного и ступенчатого (при токах замыкания менее 250 А).

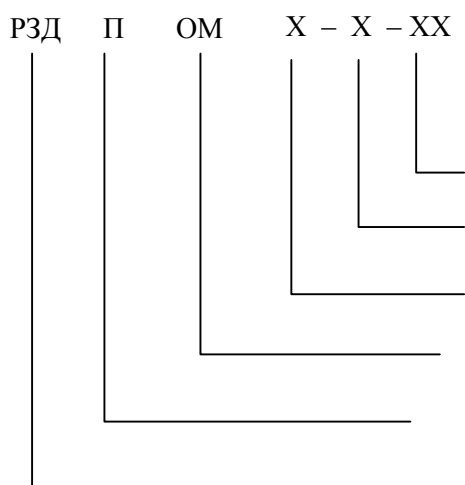


1 – каток; 2 – бак; 3 – маслоуказатель; 4 – термометр; 5 – кран для залива и слива масла; 6 – редуктор; 7 – ввод ВН; 8 – ввод НН; 9 – указатель тока; 10 – сливная пробка; 11 – клеммная коробка; 12 – вывод трансформатора тока.

Рис.14. Общий вид и габаритные размеры реактора РДМР-300(485).

Реакторы РДМР имеют значительно более широкий диапазон регулирования тока. Кратность регулирования K_p достигает 24,5 для РДМР-300 специального исполнения. Для сравнения, у ДГР типа РЗДПОМ значение K_p составляет 3,33–5. РДМР имеют запас по мощности, линейную вольтамперную характеристику, высокую надежность привода плунжера, поэтому являются идеальным аппаратом для компенсации емкостных токов в сетях 6 – 10 кВ. Цена реакторов РДМР на 20-30% ниже цены отечественных РЗДПОМ соответствующей мощности.

Технические характеристики ДГР типа РЗДПОМ



климатическое исполнение, категория раз-
номинальное напряжение, кВ;
номинальная мощность, кВАр;
однофазный масляный;
плунжерный;
тип реактора заземляющий дугогасящий.

Табл. 7. Основные технические характеристики реакторов типа РЗДПОМ (Номенклатурный каталог «ХК Электрозавод» на 2009 г.).

Тип реактора	Номинальная мощность, кВАр	Номинальное напряжение, В	Диапазон регулир. тока, А	Габариты: Д.*Ш.*В., мм	Масса, кг.
РЗДПОМ-120/6	120	$6600/\sqrt{3}$	5,2 – 26,2	1120*1205*1770	1535
РЗДПОМ-190/10	190	$11000/\sqrt{3}$	5 – 25	1120*1205*1770	1530
РЗДПОМ-300/6	300	$6600/\sqrt{3}$	13,1 – 65,5	1370*1300*1770	1720
РЗДПОМ-460/6	460	$6600/\sqrt{3}$	30 – 100	1600*1404*2130	2695
РЗДПОМ-480/10	480	$11000/\sqrt{3}$	12,6 – 63	1400*1225*2100	2330
РЗДПОМ-480/15	480	$15750/\sqrt{3}$	8,8 – 44	1400*1225*2100	2360
РЗДПОМ-480/20	480	$22000/\sqrt{3}$	6,3 – 31,4	1400*1225*2100	2360
РЗДПОМ-700/35	700	$38500/\sqrt{3}$	5,7 – 28,4	1610*1655*2230	3520
РЗДПОМ-800/35	800	$38500/\sqrt{3}$	7 – 36	1610*1655*2230	3520

Реакторы РЗДПОМ Московской «ХК Электрозавод» могут комплектоваться автоматическими регуляторами фазового принципа управления типа «МИРК 3 (4)».

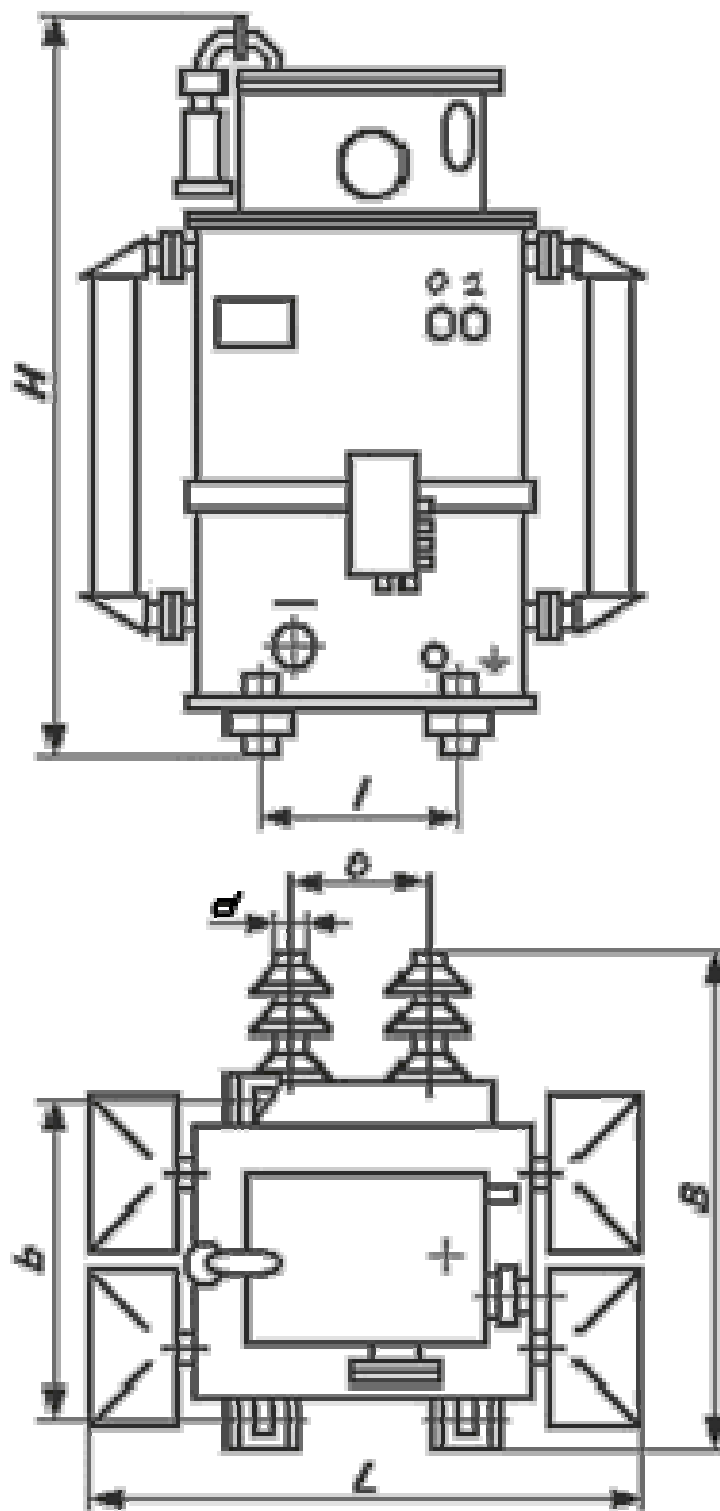


Рис. 15 Общий вид, габаритные, установочные и присоединительные размеры реактора РЗДПОМ.

Технические характеристики ДГР типа ASR и ZTC

Табл. 8. Основные технические характеристики реакторов типа ASR и ZTC (EGE: Дугогасящие реакторы – техническая документация ELA 0 320.0 на 2009 г.).

Тип ДГР	Мощность, кВАр	Номинальное напряжение, кВ	Кратность тока, А	Габариты, гл.*шир.*выс., мм	Масса, кг
ZTC 50/6	100	3,46	6 – 30	900*1350*1450	800
ZTC 50/6	190	3,46	11 – 55	1250*2000*1450	800
ZTC 50/10	100	5,77	3 – 17	900*1350*1450	800
ZTC 50/10	190	5,77	6 – 33	1250*2000*1450	800
ZTC 250/6	300	3,46	17 – 87	1250*2000*2200	1500
ZTC 250/6	480	3,46	28 – 139	1400*2000*2200	1500
ZTC 250/10	300	5,77	10 – 52	1250*2000*2200	1500
ZTC 250/10	480	5,77	17 – 83	1400*2000*2200	1500
ASR1.0/6	840	3,46	48 – 243	1950*2808*3275	3800
ASR1.0/10	840	5,77	29 – 145	1950*2808*3275	3500
ASR1.0/35	1010	20,2	10 – 50	1950*2808*3275	3800
ASR1.6/6	1520	3,46	44 – 439	1950*2808*3275	4000
ASR1.6/10	1520	5,77	52 – 263	1950*2808*3275	4000
ASR1.6/35	1620	20,2	16 – 89	1950*2808*3275	4000
ASR2.0/35	2020	20,2	20 – 100	1950*2808*4400	10200
ASR2.6/35	2500	20,2	24 – 124	1950*2808*4400	10700

Плавная настройка тока дугогасящего реактора обеспечивается подвижной частью магнитной системы. Плавная настройка выполняется с помощью:

- подвижных сердечников с направляющими гайками;
- главного вала в форме винта;
- моторного привода (который не является частью магнитной системы и установлен на крышке бака).

Двигатель и коробка передач обеспечивают вращение главного вала. Главный вал в форме винта перемещает подвижные сердечники, обеспечивая их сближение или удаление. Тем самым достигается плавное изменение воздушного зазора магнитной цепи и соответственно плавное изменение индуктивности реактора (плавная настройка тока).



Рис.16. Общий вид реактора ZTC

11 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДУГОГАСЯЩИМИ РЕАКТОРАМИ

В соответствии с п. 5.11.10 [13] дугогасящие реакторы должны иметь резонансную настройку, и в сетях 6 – 10 кВ, как правило, должны устанавливаться плавнорегулируемые дугогасящие реакторы с автоматической настройкой компенсации.

Автоматика управления ДГР должна обеспечить точную настройку КНП электрической сети при любых изменениях конфигурации сети с имеющимися дугогасящими реакторами с плавным регулированием индуктивного тока независимо от величины напряжения на нейтрали сети, добротности контура, при переключениях, связанных объединением секций шин или секционированием сети.

Как показывают теоретические исследования и опыт эксплуатации автоматических регуляторов, использующих в качестве параметра регулирования зависимости напряжения нейтрали или фазового угла этого напряжения от рабочего тока подключенных к нейтрали ДГР, не позволяет во многих случаях поддерживать в сети оптимальную настройку. Связано это зависимостью напряжения нейтрали от небаланса параметров электрооборудования всей сети, включая сеть высшего уровня и нагрузки. Учесть уход параметров элементов практически невозможно, и, принимаемые меры по стабилизации напряжения нейтрали дают эффект только вблизи резонансной настройки. Поэтому, автоматика управления, функционирующая с использованием амплитудных и фазовых характеристик КНП сети, настраивает контур с некоторой ошибкой или настраивается на ложный режим компенсации.

Для обеспечения оптимальной настройки контуров нулевой последовательности сети, состоящей из нескольких секций необходима система автоматической компенсации емкостных токов, в которой управляющий параметр должен быть отстроен от небаланса параметров элементов сети. Таким параметром для электрического контура второго порядка, представленного индуктивностью ДГР и емкостью изоляции сети, является собственная частота и добротность.

Технические характеристики шкафов (панелей) автоматики управления ДГР серии «БРЕСЛЕР – 0117.060.X»

Автоматика управления плунжерными ДГР «Бреслер 0117.060.x» – единственная в России, которая использует в качестве параметра управления собственную частоту КНП сети. Этот параметр дает максимальную точность в вычислении расстройки компенсации, которая определяется по отклонению частоты собственных колебаний от частоты тока промышленной сети. Точность измерения расстройки не зависит от уровня напряжения на нейтрали. Способы определения расстройки и управления реакторами запатентованы и являются собственностью «НПП Бреслер».

Разработанные алгоритмы измерения параметров КНП сети и управления ДГР позволяют строить эффективные системы настройки дугогасящих реакторов на заданный режим компенсации емкостных токов замыкания на землю. Функции управления всеми ДГР подстанции и определения параметров КНП сети, независимо от количества отдельно работающих или объединенных секций шин, осуществляются в одном изделии – шкафу управления ДГР. Решение проблемы управлением компенсацией емкостных токов в предложенном виде весьма удобно для обслуживающего персонала, который имеет возможность непосредственного контроля над режимом компенсации и изменениями параметров изоляции всей сети, и представляется менее затратным в исполнении.

Шкаф предназначен для управления ДГР и настройки КНП сети на заданный режим компенсации, а также определения величины емкостного тока в компенсированных сетях 6–35 кВ. Автоматика управления ДГР не требует введения искусственной несимметрии и рассчитана на работу в сетях при объединении секций шин и комбинированном заземлении нейтрали. Шкафы выпускаются для управления 1, 2, 3, 4 и более ДГР.

Автоматика выполняет следующие основные функции:

- автоматической настройки плунжерных ДГР на резонансный или заданный режим компенсации;
- определение величины и знака расстройки контура;
- определение величины емкостных токов секций;
- выбор оптимальной отпайки катушки ступенчатых ДГР;
- регистрации ОЗЗ с выдачей сигнала на включение резистора заземления нейтрали и блокировки разъединителя ДГР;
- совместной работы с терминалами защиты линии;
- регистрации событий.

Автоматика работает:

- с реакторами со ступенчатым регулированием индуктивного тока;
- с реакторами плунжерного типа;
- при параллельном включении реакторов;
- при комбинированном включении реактора и резистора.

Основные технические данные и характеристики шкафа (панели):

- число обслуживаемых секций 1, 2, 3, 4;
- диапазон измерения расстройки, % $-200 \div 75$;
- точность измерения расстройки, % ± 1 ;
- диапазон уставок поддержания расстройки, % ± 10 ;
- диапазон задания зоны нечувствительности, % ± 20 ;
- номинальное напряжение питания, В $220 \pm 10\%$;
- частота питающего напряжения, Гц 50;
- потребляемая мощность, не более, Вт 100.

Автоматика управления плунжерными ДГР выпускается в шкафном и панельном исполнении навесной и напольной установки. Шкафы (панели) напольной установки предназначены для двустороннего обслуживания, а шкафы навесной установки – одностороннего обслуживания. В табл. 9 приведены размеры применяемых типовых шкафов (панелей) и количество обслуживаемых ДГР в данном исполнении.

Табл. 9. Габаритные размеры типовых шкафов и панелей управления ДГР

Конструкт.	Установка	Обслужив.	Кол-во управ. ДГР	Высота, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Масса полн., КГ
Шкаф	Напольная	2х сторон.	1 - 4	2400	800	600	215
Шкаф	Напольная	2х сторон.	1 - 4	2200	800	600	210
Шкаф	Напольная	2х сторон.	1 - 4	1800	800	600	200
Шкаф	Навесная	1 сторон.	1, 2	1200	600	400	65
Шкаф	Навесная	1 сторон.	1, 2	1000	600	400	60
Шкаф	Навесная	1 сторон.	1	500	400	280	16

Панель	Напольная	2х сторон.	1 – 4	2400	800	600	110
Панель	Напольная	2х сторон.	1 – 4	2200	800	600	105
Панель	Напольная	2х сторон.	1 – 4	2000	800	600	100

По желанию заказчика возможна поставка автоматики ДГР в шкафу другого габаритного исполнения.

В шкафу (панели), в зависимости от количества управляемых реакторов устанавливается 1 или 2 терминала серии «Бреслер 0107 1-го конструктива. На рис. 17 приведены габаритные и установочные размеры терминала «Бреслер 0107.060».

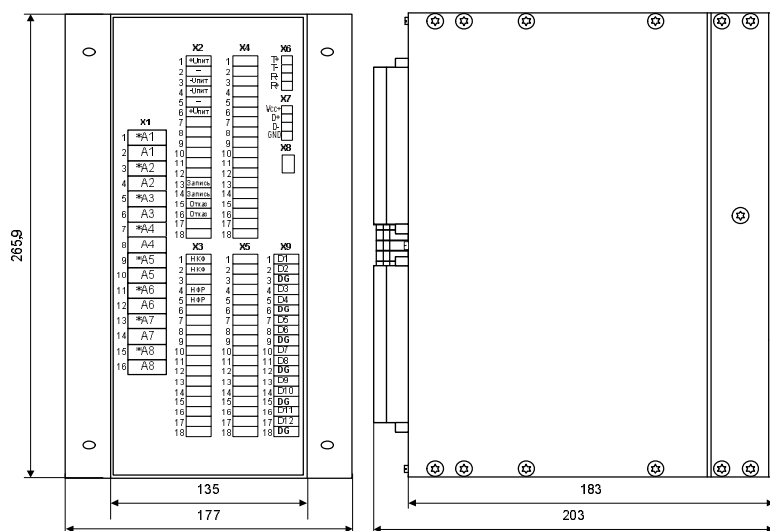


Рис. 17 Габаритные и установочные размеры терминала автоматики ДГР «Бреслер 0107.060».

Технические характеристики цифрового регулятора REG-DP для дугогасящего реактора.

Цифровые регуляторы REG-DP(A) предназначены для автоматического управления плунжерными дугогасящими реакторами 6-35 кВ.

Табл.10 Техническая спецификация на цифровой регулятор REG-DP для дугогасящего реактора

№	Параметр	Значение
1	Напряжение питания, В	переменное 85...110...264 постоянное 88...220...280 постоянное 18...60...72
2	Потребляемая мощность по цепи питания, ВА	≤ 15
3	Рабочий диапазон напряжения $3U_0$ на нейтрали сети, В	0,1-120
4	Потребление по цепи измерения напряжения на нейтрали	$\leq U^2 / 20 \text{ кОм}$
5	Потребление по цепи измерения тока компенсации	≤ 0,5 ВА
6	Диапазон рабочих температур, °С	от -10 до +50
7	Количество бинарных входов, шт.	16 (из них 14 свободно программируемых)
8	Количество аналоговых выходов, шт.	3 (опция)
9	Количество релейных выходов, шт.	10 (из них 7 свободно программируемых)
10	Порты связи	RS-232 RS-485
11	Протоколы связи для включения в SCADA систему	МЭК 60870-5-101 МЭК 60870-5-103 DNP 3.0 MODBUS RTU
12	Язык отображения на дисплее	русский

Регулятор может работать с различными методами регулировки дугогасящих реакторов. В зависимости от задания можно осуществлять регулирование до определенного напряжения смещения нейтральной точки или до определенной степени расстройки по абсолютному значению, или в процентах. При возникновении замыкания в сети возможна коррекция заданной величины и настройка дугогасящего реактора в резонанс.

Регулятор может работать в режиме самописца (запись напряжения на нейтрали, тока компенсации, изменений тока, статистики замыканий на землю). Регулятор может включаться в SCADA системы по интерфейсам RS-232, RS-485. Возможно местное и дистанционное управление и считывание показаний.

В регуляторе имеется независимый блок свободно программируемой автоматики включения шунтирующего резистора, предназначенного для увеличения активной составляющей тока в поврежденном присоединении и его селективного определения. Регулятор может учитывать тепловую модель шунтирующего резистора. Включение шунтирующего резистора может выполняться и вручную дистанционно через один из бинарных входов регулятора.

Регулятор на рис. 18 оснащен ЖК-дисплеем, на котором отображается:

- резонансная кривая сети;
- точка компенсации на кривой;
- ток компенсации;
- остаточный активный ток;
- текущая расстройка;
- напряжение на нейтрали;
- затухание сети.



Рис. 18 Цифровой регулятор REG-DP

12 БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] **М.В. Костенко, И.М. Богатенков, Ю.А. Михайлов, Ф.Х. Халилов** Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю, включениях и отключениях индуктивных элементов [Текст]: Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. "Электрич. станции и сети", том 17, 105 с.
- [2] Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений [Текст] / под научной редакцией Н.Н. Тиходеева, 2-ое издание, Санкт-Петербург, ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999. - 153 с.
- [3] **Зильберман В.А., Эпштейн И.М., Петрищев А.С., Рождественский Г.Г.** Влияние способа заземления нейтрали сети собственных нужд блока 500 МВт на перенапряжения и работу релейной защиты [Текст]: М.: Электричество, 1987, № 12.
- [4] **Васюра Ю.Ф., Гамилко В.А., Евдокунин Г.А., Утегулов Н.И.** Защита от перенапряжений в сетях 6-10 кВ [Текст]: М.: Электротехника, 1994, № 5/6.
- [5] Объем и нормы испытаний электрооборудования [Текст]: РД 34.45-51.300-97 / под ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд. - М.: НЦ ЭНАС, 1998. – 256 с.
- [6] **Сирота И.М., Богаченко А.Е., Каневский Я.М.** Опыт работы защиты от замыканий на землю статорных цепей генераторов, работающих непосредственно на сборные шины и электродвигателей высокого напряжения [Текст]: М.: Электрические станции, 1993, № 7.
- [7] **Евдокунин Г.А., Гудилин С.В., Корепанов А.А.** Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6-10 кВ [Текст]: Электричество, №12, 1998.
- [8] О повышении надежности сетей 6 кВ собственных нужд энергоблоков АЭС [Текст]: Циркуляр Ц-01-97(Э), М.: Росэнергоатом, 1997.
- [9] Методические указания по повышению надежности сетей 6 кВ собственных нужд энергоблоков (частичное заземление нейтрали) [Текст]: М.: Атомэнергопроект, 1997.
- [10] **Евдокунин Г.А.** Основные характеристики различных способов заземления нейтрали сетей 6-35 кВ [Текст]: опублик. в сборнике статей и информации кафедры релейной защиты и автоматики ПЭИПК «Защита от однофазных замыканий на землю в электроустановках 6-35 кВ», Санкт-Петербург, 1999.
- [11] **Евдокунин Г.А., Коршунов Е.В., Сеппинг В.А., Ярвик Я.Я.** Метод расчета на ЭВМ электромагнитных переходных процессов в ферромагнитных устройствах с произвольной структурой магнитной и электрической цепей [Текст]: Электротехника, 1991, № 2.
- [12] Комплекс программ МАЭС для расчета переходных процессов в сложных электроэнергетических системах [Текст]: отчет / Сибирский НИИ энергетики; рук. темы Наумкин И.Е., отв. исп. Челаэнов А.А.- инв.№ 02814009723.-Новосибирск.1981. - 200с.
- [13] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: Энергоатомиздат, 2003
- [14] Силовые кабели с экструдированной изоляцией и арматура на номинальное напряжение от 1 кВ ($U_m = 1.2$ кВ) до 30 кВ
- [15] Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ РД 34.20.179 (ТИ 34-70-070-87)

ЛИСТ ДЛЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ СТАНДАРТА ОРГАНИЗАЦИИ

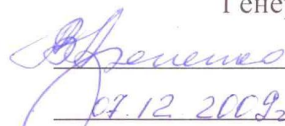
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ СО 2.069/0-РИ

[illegible]



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

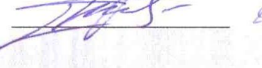
 А.В. Антропенко
07.12.2009

ВЫБОР РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6, 10 И 35 КВ

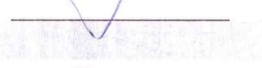
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

СО 2.069/0-ЛУ

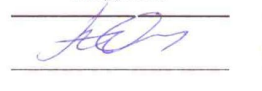
Проверка документа

	Вид проверки	Фамилия И.О.	Подпись	Дата
Разработал	Ответственный исполнитель	Шмидт В.В.		09.11.2009
Проверил	На соответствие концепции	Карамутдинов Р.Н.		09.11.2009

Согласование документа

	Должность	Фамилия И.О.	Подпись	Дата
Представитель руководства по качеству		Иванов В.В.		20.11.2009
Заместитель главного инженера – начальник ОТУ		Сизов В.В.		20.11.2009
Начальник департамента эксплуатации и ремонта		Лаштаба Н.И.		16.11.2009

Проверка документа

	Вид проверки	Фамилия И.О.	Подпись	Дата
Проверил	Нормоконтроль	Подкорытова О.И.		11.11.2009
Проверил	Соответствие законодательству РФ	Левинский А.И.		11.11.2009
Проверил	Соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2008	Подкорытова О.И.		11.11.2009

Приказ о введении в действие № 555 от 07.12.2009

СХЕМА РАССЫЛКИ СО 2.069/0-СР

Абонент	Номер экземпляра	Разрешённое количество рабочих копий на бумажном носителе
Отдел технической политики	К	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
Сервер	Подлинник в формате pdf	