

РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ВЛ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ 6-35 КВ

IV Всероссийская научно-практическая конференция
«Режимы нейтрали. Ограничение перенапряжений.
Релейная защита и автоматика. 2025»
г. Новосибирск, 15 – 17 апреля 2025 г.

Кобяков Андрей
АО «НПО «СТРИМЕР»

СОБСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР



Большая башня



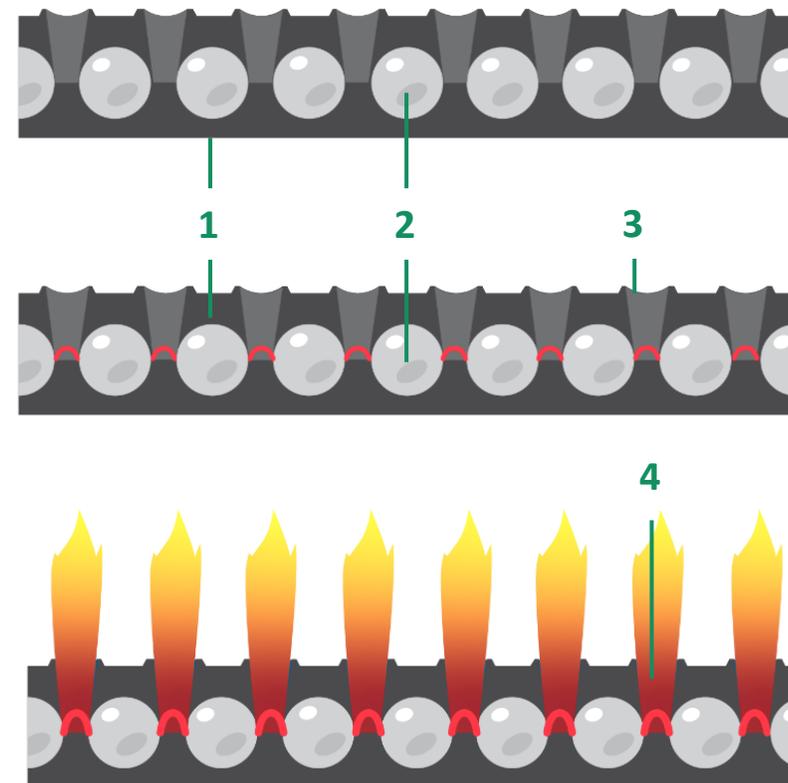
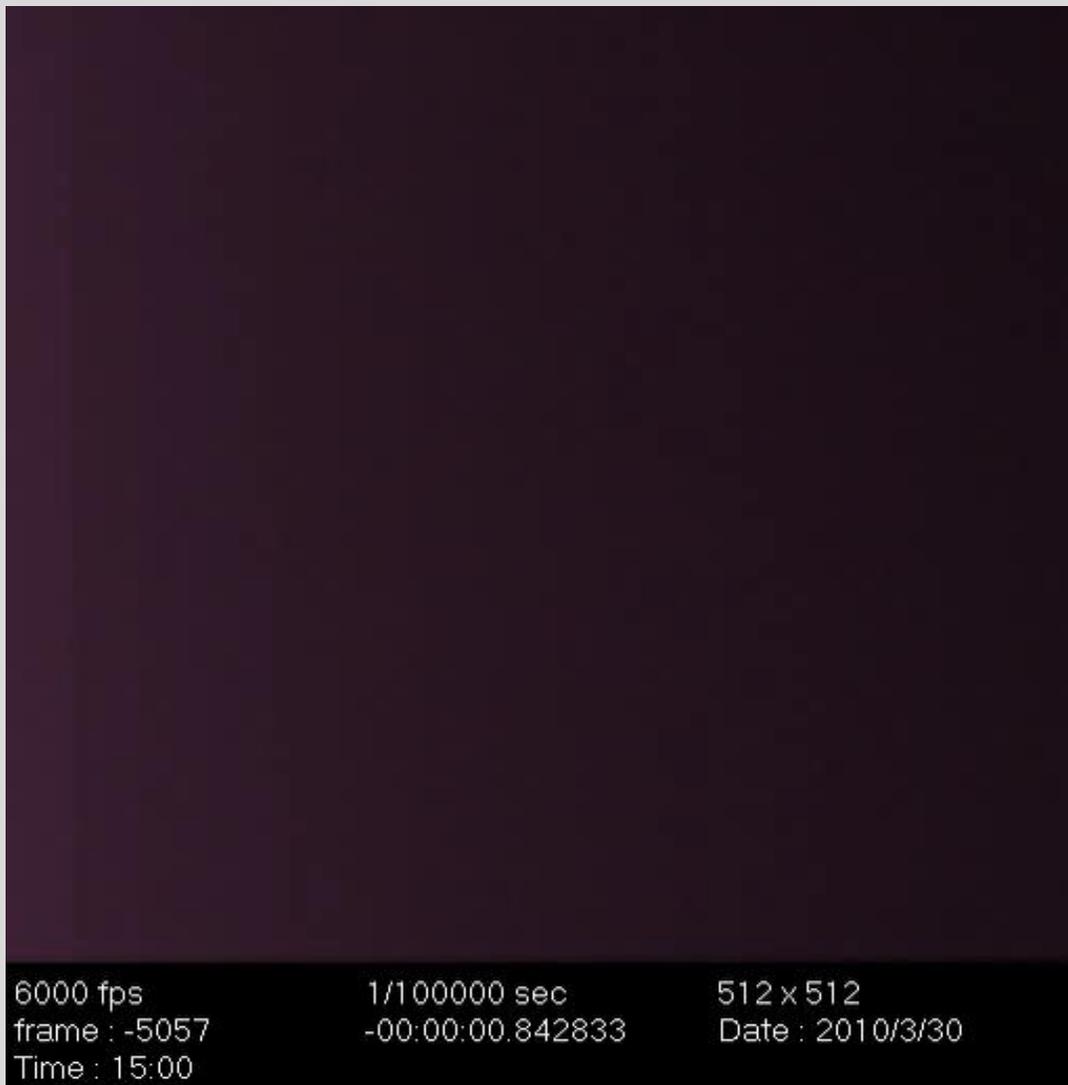
Внутри башни



Малая башня

МОЛНИЕЗАЩИТА ВЛ 6-20 кВ

МУЛЬТИКАМЕРНАЯ СИСТЕМА (МКС)



- 1 – Профиль из силиконовой резины
- 2 – Промежуточные электроды
- 3 – Дугогасящая камера
- 4 – Канал разряда

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ выпускаемых продуктов для ВЛ 6-20 кВ



Для защиты от индуктированных перенапряжений

Разрядник длинно-искровой
петлевого типа
РДИП-10-IV-УХЛ1
(Первое поколение РМЗ)



6, 10 кВ

Разрядник
мультикамерный
РМК-20-IV-УХЛ1
(Второе поколение РМЗ)



6-20 кВ

Изолятор-разрядник
мультикамерный
ИРШФМК-10(20)-III(I)-УХЛ1



6-20 кВ



Для защиты от последствий прямых
ударов молнии

Разрядник
мультикамерный
РМКЭ-10-IV-УХЛ1



6, 10 кВ

Разрядник
мультикамерный
РМКЭ-20-IV-УХЛ1



15-20 кВ

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ В РЕГИОНЕ С ВЫСОКОЙ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

В районе прохождения ВЛ 13,8 кВ Morro de Cachorro расположены телекоммуникационные вышки, которые являются молниеприемниками при прохождении грозового фронта в районе ВЛ →

Опоры №10-15 постоянно подвергаются воздействию индуктированных перенапряжений, молниезащитное оборудование должно сработать аномальное количество раз.

На данном участке для защиты от грозовых перенапряжений установлены мультикамерные разрядники и ОПН. Был проведен осмотр молниезащитных устройств на данном участке по истечении нескольких грозовых сезонов.



ОБНАРУЖЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Обнаружены на данном участке:

- Разрушенный ОПН
- Поврежденный РМК-20

Опоры №10-15 – зона экстремально тяжелой работы для молниезащитных устройств так как все удары молнии приходились этом районе приходились в телекоммуникационные вышки, расположенные рядом, и индуктированные перенапряжения воздействовали именно на эти опоры

Таким образом, расположенные на этих опорах молниезащитные устройства срабатывали аномально часто.

РМК-20, установленный в 2015



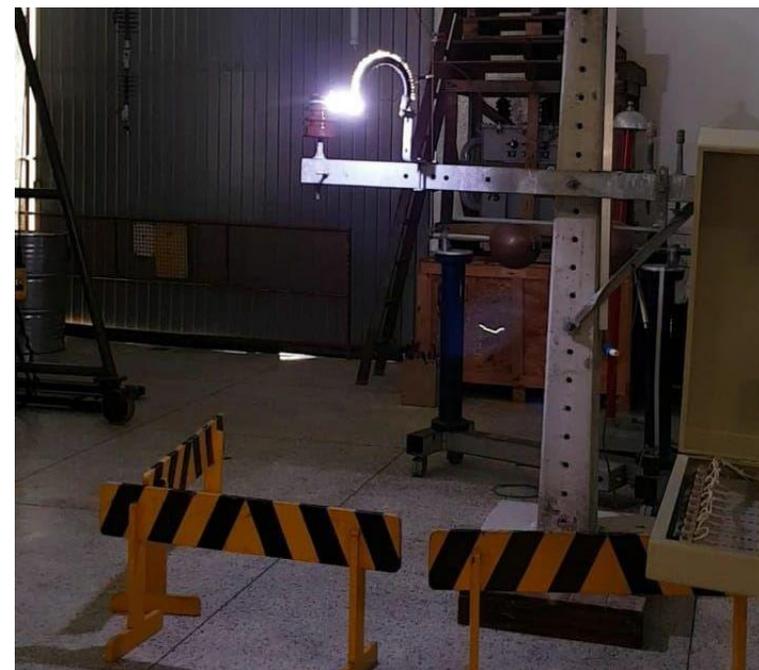
ОПН, установленный в 2017



ИСПЫТАНИЯ СНЯТЫХ С ЛИНИИ РАЗРЯДНИКОВ

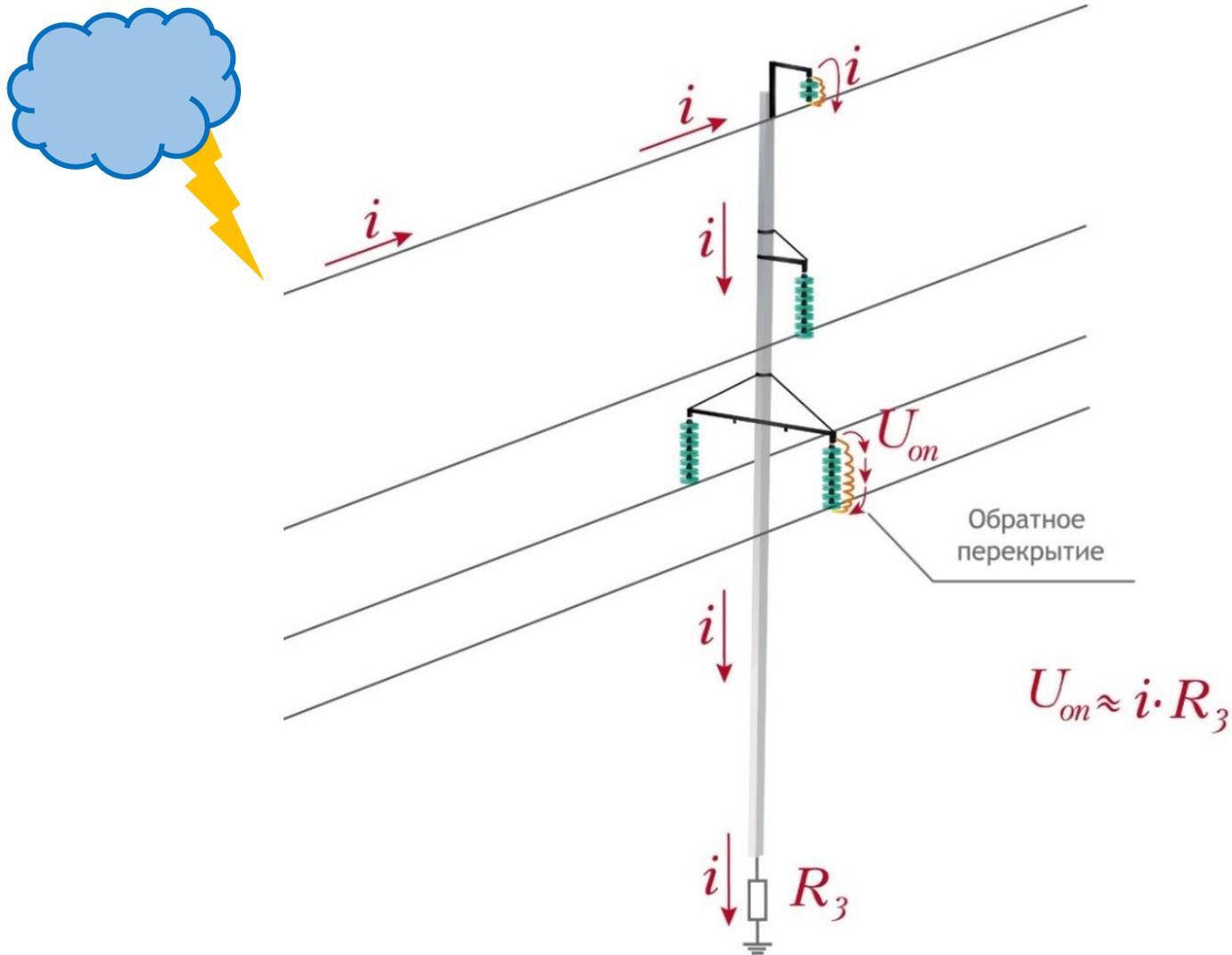
Оба устройства были демонтированы с линии

ОПН -> не работоспособен более, станет демонстрационным образцом для местного энергетического университета
РМК-20 -> поврежден (более 10 срабатываний за срок службы), но все еще работоспособен. Так же, под действием повышенной влажности в регионе установки, на разряднике были обнаружены значительные наросты мха. Испытан в FURB лаборатории импульсом 1.2/50 μ S для подтверждения заявленным характеристикам -> подтверждена координация с изолятором.

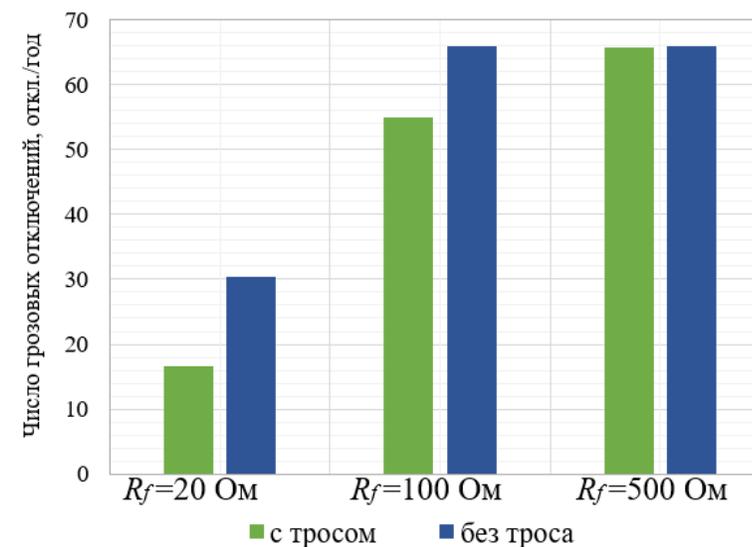


**ТРАДИЦИОННЫЕ СРЕДСТВА
МОЛНИЕЗАЩИТЫ
ВЛ 35 кВ -110 кВ**

ОГРАНИЧЕНИЯ ТРОСОВОЙ ЗАЩИТЫ



Проблемы при высоком сопротивлении грунта - грозотрос может быть неэффективен (обратные перекрытия)



ОГРАНИЧЕНИЯ ТРОСОВОЙ ЗАЩИТЫ

Эксплуатация грозотроса может быть затруднена в следующих случаях:

- В районах с высокими гололедными нагрузками
- При старении (износе) грозотроса
- При проходе ВЛ через водные преграды, ущелья
- При переходе через железнодорожные пути, автодороги
- При пересечении воздушной линии другой ВЛ более высокого класса напряжения.

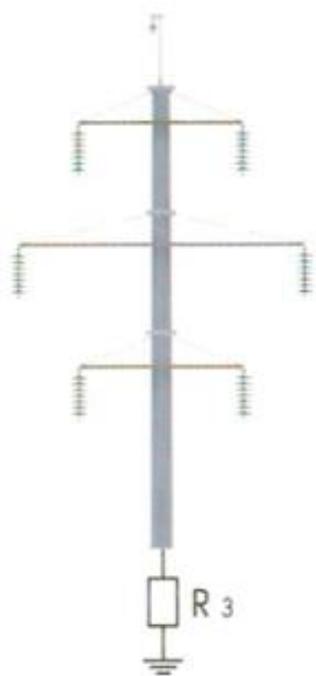


МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГРОЗОУПОРНОСТИ И ЧИСЛА ОТКЛЮЧЕНИЙ ВЛ 35-110 кВ

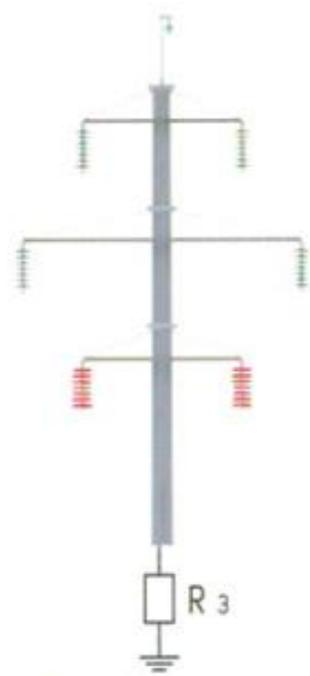
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТАНОВКЕ РАЗРЯДНИКОВ НА ДВУЦЕПНУЮ ВЛ 35-110 КВ

С тросом

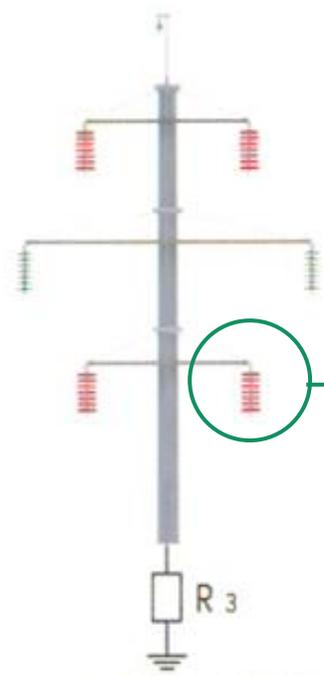
Без троса



$R_3 < 5 \Omega$

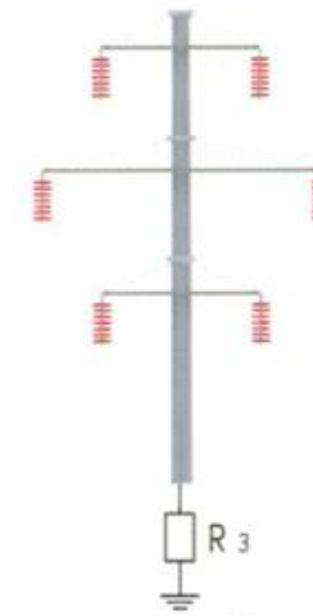


$5 \Omega < R_3 < 30 \Omega$



$30 \Omega < R_3 < 100 \Omega$

ГИРМК / РМКЭ



Без троса
или
 $R_3 > 100 \Omega$

ОПРОСНЫЕ ЛИСТЫ

Опросный лист требуется для предоставления информации в упорядоченном виде.

Контактная информация заказчика		Значение
Название фирмы (Заказчик):		
Адрес, Контактное лицо: ФИО.		
Телефон:		
E-mail:		
Дата заполнения ОЛ		
Общие данные ВЛ		
1.	Наличие паспорта ВЛ (Да/Нет), приложить к письму при наличии	
2.	Диспетчерское наименование ВЛ	
3.	Номинальное напряжение сети, кВ	
4.	Мощность питающей ПС, МВА	
	Мощность питающего тр-ра, МВА	
	Мощность нагрузки ВЛ, МВА	
5.	Рабочий ток линии, А	
6.	Цепность	
7.	Протяженность, км	
	- магистральная часть, км	
	- отпайки (при наличии), км	
8.	Общее количество опор	
9.	Режим заземления <u>нейтрал</u>	
10.	Ток КЗ в максимальном режиме на шинах питающих ПС данной ВЛ (1-фазный, 3-фазный)	
	Ожидается ли в ближайшей перспективе существенное повышение тока КЗ (Да/Нет, если Да – то указать ожидаемый ток КЗ в максимальном режиме)	
11.	Наличие двухстороннего питания и др. особенности ВЛ	
Данные опор, изоляции		
12.	Типы и обозначения опор (указать количество каждого типа, приложить к письму <u>попорную</u> таблицу/схему при наличии)	
13.	Сопровращения заземления опор	

	(среднее/диапазон, приложить таблицу для каждой опоры при наличии), Ом		
	В каком году в последний раз проводились измерения сопротивлений заземления опор и каких		
14.	Марка проводов		
15.	Наличие <u>грозотроса</u> на отдельных участках (указать на каких)		
16.	Марка троса		
17.	Типы изоляторов (число в гирлянде, отдельно для подвесных и натяжных)		
	Наличие дифференцированной изоляции ВЛ (в случае <u>двухцепного</u> исполнения или для разных типов опор)		
Эксплуатационные данные по грозовым отключениям			
		<u>Одноцепные</u>	<u>Двухцепные</u>
18.	Количество грозовых отключений ВЛ (по годам за последние 5 лет):	2017г. - _____ 2018г. - _____ 2019г. - _____ 2020г. - _____ 2021г. - _____	2017г. - _____ 2018г. - _____ 2019г. - _____ 2020г. - _____ 2021г. - _____
19.	Процент успешного АПВ, %		
20.	Повреждаемость изоляторов от молний (при наличии данных), шт/год		
21.	Причины для повышения грозоупорности ВЛ		
Прочие данные			
22.	Степень загрязнения (по ГОСТ 9920-89)		
	Район по ветровому давлению		
	Район по гололеду		
23.	Климатическое исполнение и категория размещения		
24.	Средняя продолжительность гроз в году, ч/год		
25.	Протяженность линии, планируемая для установки разрядниками		
26.	Особенности местности (участки лесополосы, болота, горная местность)		
27.	GPS координаты питающей ПС		
28.	GPS координаты приемной ПС		
29.	План трассы ВЛ (приложить схему/фото при наличии)		

Расчет числа грозových отключений производится на базе методик, представленных в РД 153-34.3-35.125-99 Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений, а также с использованием международного стандарта IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines, IEEE Std. 1410-2010.

Для расчета отключений используется специализированное программное обеспечение Groza, разработанное в АО «НПО «Стример». Программа Groza позволяет смоделировать однуцепную или двухцепную линию до 220 кВ, разделенную на секции, с целью определения грозоупорности каждого участка линии без защитных устройств и с ними.

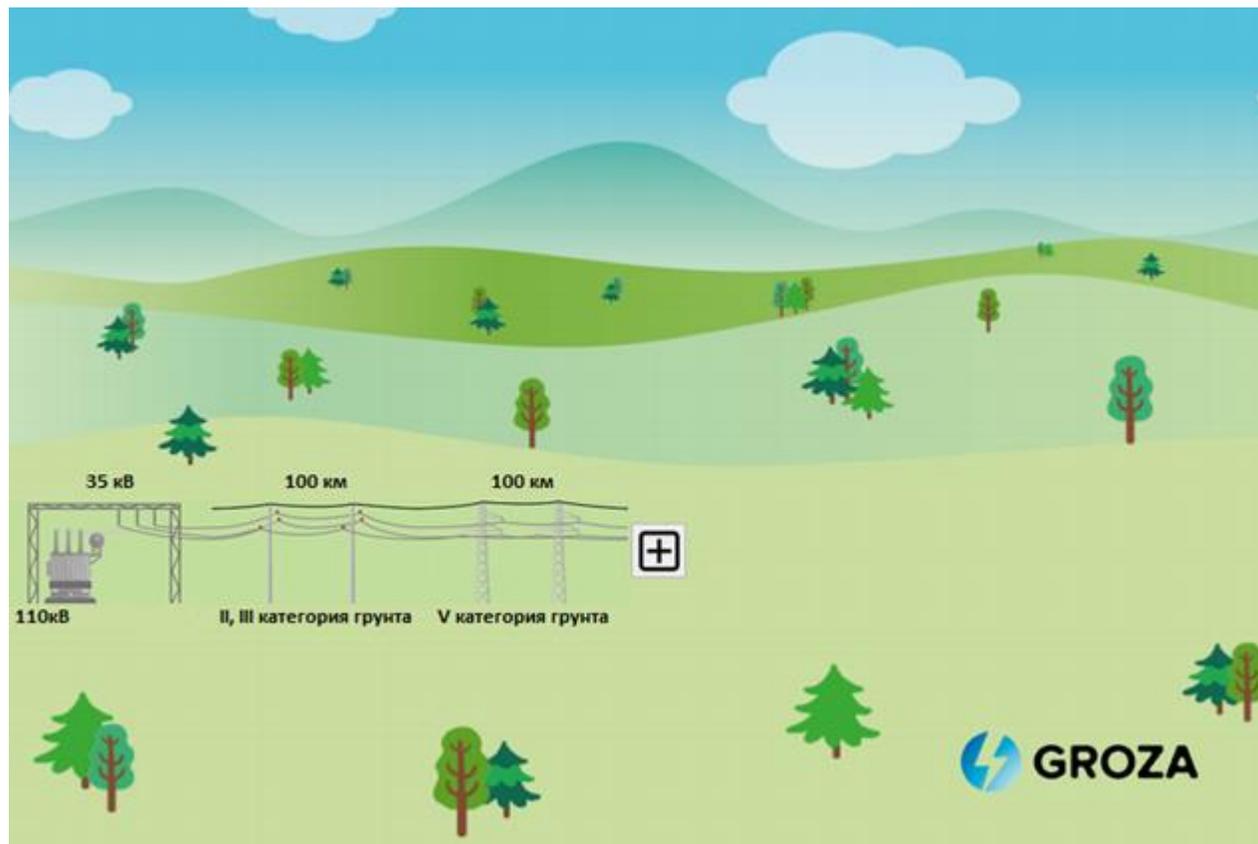
В качестве входных параметров для расчета, задаются номинальное напряжение линии, геометрические расположения всех проводников и тросов, конфигурация и тип опоры, линейная изоляция, грозовая активность в регионе и др. В результатах определяется ежегодное число отключений линии от прямых ударов молнии и от индуктированных перенапряжений по каждой секции линии.



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГРОЗОУПОРНОСТИ

На основании полученного опросного листа и дополнительной информации:

1. Выделяем N расчетных случаев в зависимости от категории грунтов/высотного профиля/типа опор



На основании полученного опросного листа и дополнительной информации:

2. Для каждого из расчётных случаев производим расчёт числа отключений на 100 км для линии без разрядников, с одним, двумя и тремя комплектами разрядников

3.2. Участок с V категорией грунтов

Число отключений линии на 100 км при попадании молнии в опору:

$$N_{Пол} = 29,4; P_{оп} = 0,47; P_{Лон} = 0,38; P_{\delta} = 0,84$$

$$n_{оп} = N_{Пол} \cdot P_{оп} \cdot P_{Лон} \cdot P_{\delta} = 4,44.$$

Число отключений линии при попадании молнии в трос:

$$P_{Тр} = 0,18;$$

$$n_{Тр} = N_{Пол} \cdot (1 - P_{оп}) \cdot P_{Тр} \cdot P_{\delta} = 2,37.$$

Число отключений линии при прорыве молнии в фазный провод:

$$P_{Фр} = 0,007; P_{Грл} = 0,99;$$

$$n_{Грл} = N_{Пол} \cdot P_{Грл} \cdot P_{\delta} \cdot P_{Фр} = 0,16.$$

Общее число отключений на участке:

$$n = n_{оп} + n_{Тр} + n_{Грл} = 7.$$

Используя алгоритм п. 2.1 для разрядников, получаем число отключений на участке на 100 км при установке (один комплект защищает одну фазу):

по одному комплекту разрядников на опоре на нижнюю фазу:

$$n_{раз} = 2,5;$$

по два комплекта разрядников на опоре на верхнюю и нижнюю фазы:

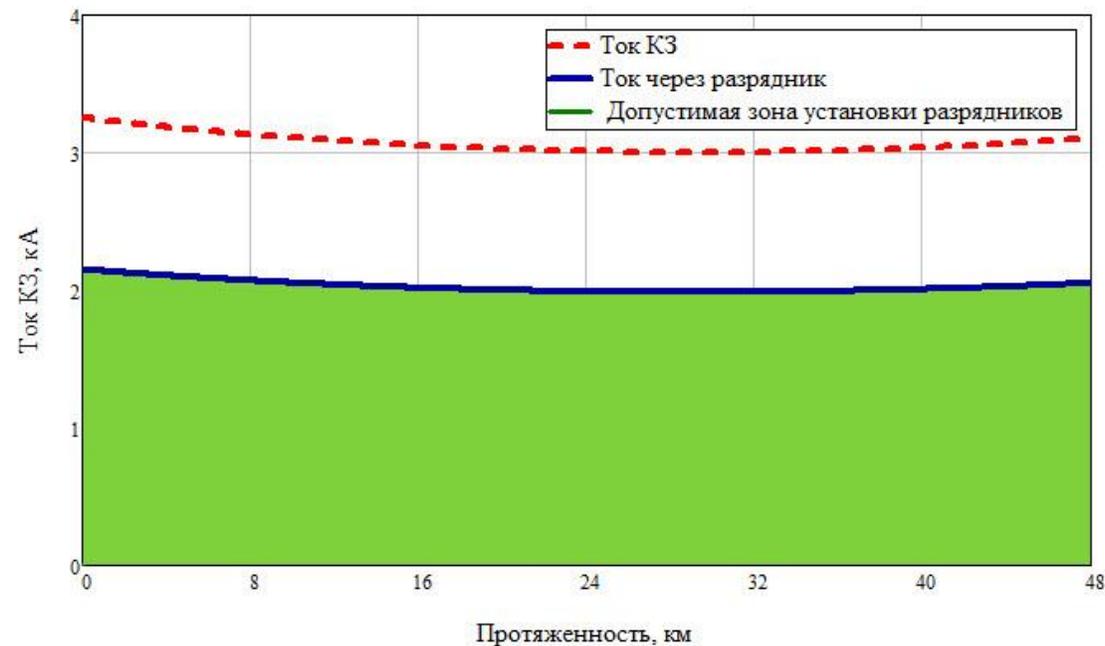
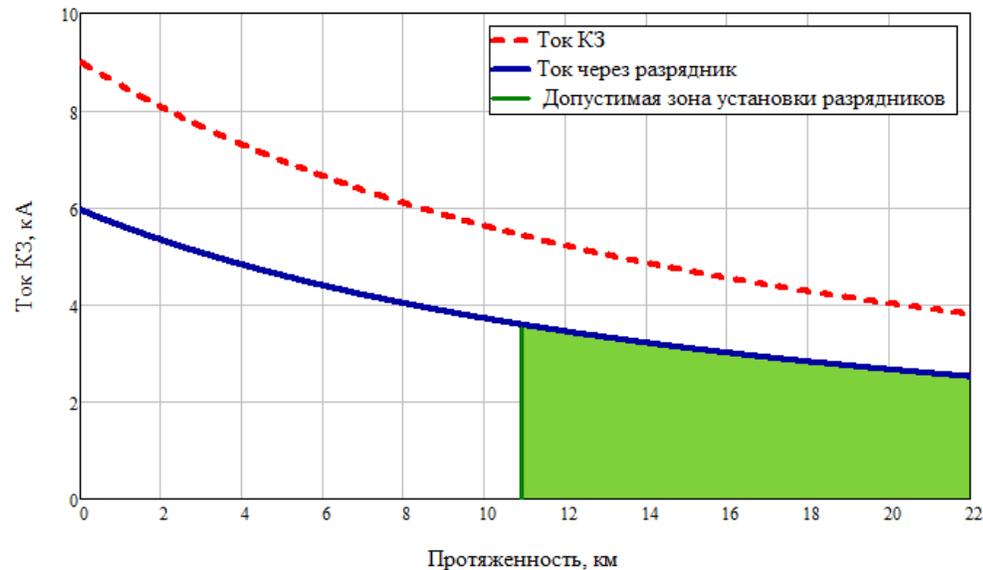
$$n_{раз} = 1,1;$$

по три комплекта разрядников на опоре:

$$n_{раз} = 0,44;$$

Участок	Отключений на 100 км/год			
	Исходное	1 комплект ГИРМК-110	2 комплекта ГИРМК-110	3 комплекта ГИРМК-110
№1 Участок со II, III категорией грунта	3,3	1,3	0,56	0,22
№2 Участок с V категорией грунта	7	2,5	1,1	0,44

3. Производим оценку допустимости установки ГИРМК по действующему значению ожидаемого тока КЗ в месте установки в случае одностороннего и двухстороннего питания



4. Производим расчёт для конкретных участков ВЛ.

По результатам выполнения расчета грозоупорности, предлагается несколько вариантов оснащения ВЛ гирляндами изоляторов-разрядников, с указанием расчетного числа отключений ВЛ в год и процентной эффективности гирлянд изоляторов-разрядников.

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ВАРИАНТЫ ОСНАЩЕНИЯ – ПРИМЕР 1

1. V категория грунта и приоритетные высоты
2. V категория грунта
3. Приоритетные высоты
4. “Цельная” защита возвышенности – участок опор 64-154

Вариант молниезащиты		ВЛ 110 кВ		
		Отключений защищаемой цепи в год	Общее число ГИРМК-110 на ВЛ	Процентная эффективность, $P_{эфф}$
#0	Исходное	1,83	—	—
#1	3xГИРМК на опорах грунт V + высоты	1,60	57	12
<u>#2</u>	<u>3xГИРМК на опорах грунт V</u>	<u>1,30</u>	<u>135</u>	<u>30</u>
#3	3xГИРМК на опорах по высотам	1,39	168	24
#4	3xГИРМК на оп. №64-154	1,07	273	41

Предлагается защита одной цепи по 3 ГИРМК на опору, для возможности сравнения количества грозовых отключений по защищенной и незащищенной цепям.

В качестве рекомендуемого варианта предлагается вариант #2.

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ВАРИАНТЫ ОСНАЩЕНИЯ – ПРИМЕР 2

	Вариант молниезащиты	Отключений в год	Общее число разрядников на цепь ВЛ	Процентная эффективность
#0	В текущей ситуации	2,1	–	–
#1	Без грозозащитного троса	6,2	–	–
#2	1хРМКЗ-110 вдоль всей ВЛ	1,5	207	76%
#3	2хРМКЗ-110 вдоль всей ВЛ	0,9	414	86%
#4	3хРМКЗ-110 вдоль всей ВЛ	0,4	621	94%

**МОЛНИЕЗАЩИТА
ВЛ 35 КВ -110 КВ
ОТ «СТРИМЕР»**

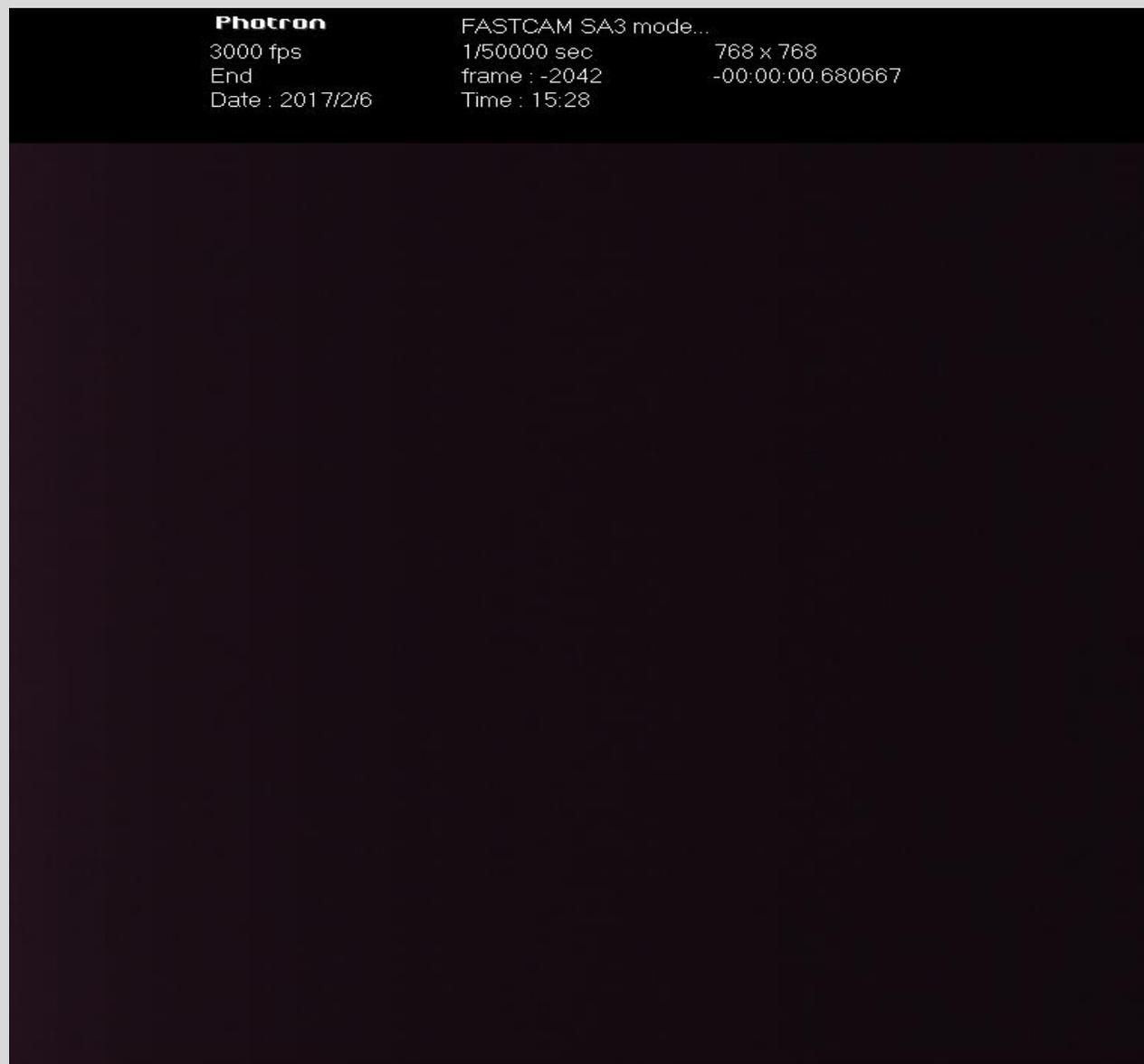
РАЗРЯДНИК МУЛЬТИКАМЕРНЫЙ ЭКРАННОГО ТИПА (РМКЭ) ДЛЯ ВЛ 35 КВ

РМКЭ обеспечивает защиту ВЛ от любых грозовых воздействий!

Разрядник мультикамерный
экранного типа
РМКЭ-35

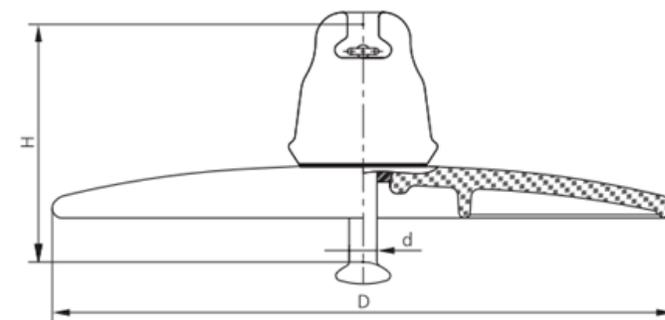
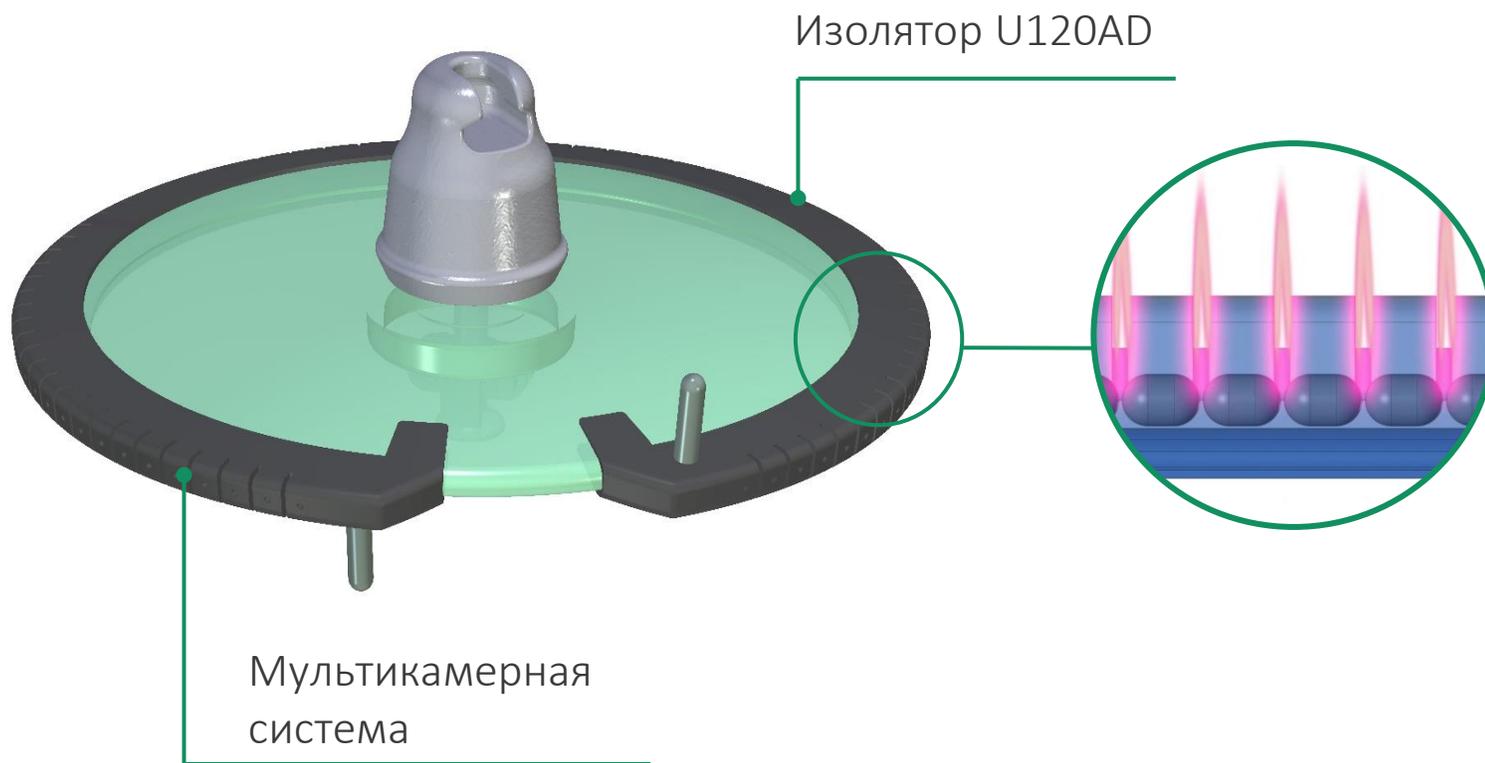


ВЛ 35 кВ ПАО «Россети Московский регион»

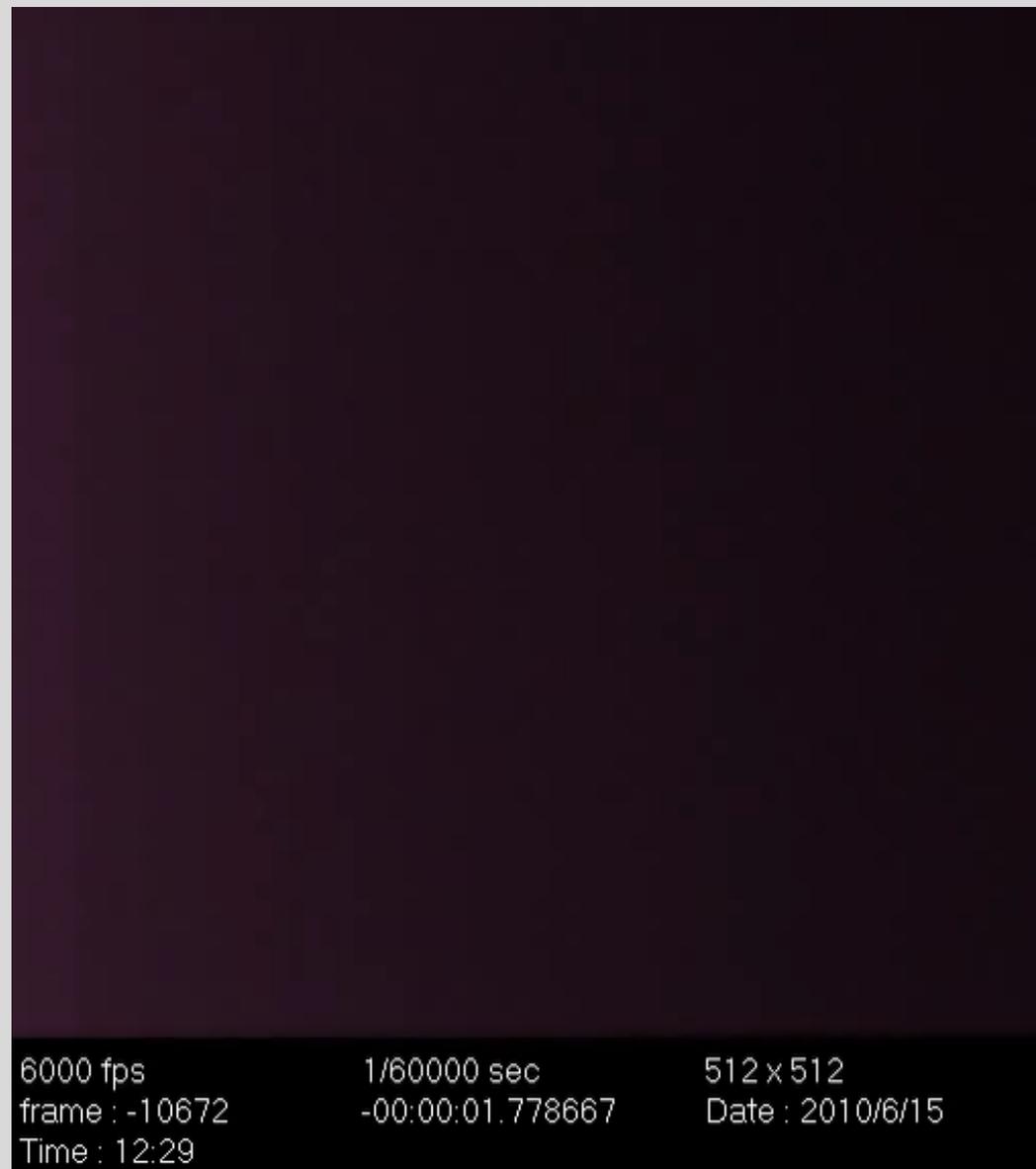


Photron FASTCAM SA3 mode...
3000 fps 1/50000 sec 768 x 768
End frame : -2042 -00:00:00.680667
Date : 2017/2/6 Time : 15:28

ИЗОЛЯТОР-РАЗРЯДНИК ИРМК НА ОСНОВЕ ИЗОЛЯТОРА U120AD



U120AD чертёж



ГИРЛЯНДА ИЗОЛЯТОРОВ-РАЗРЯДНИКОВ МУЛЬТИКАМЕРНЫХ (ГИРМК) ДЛЯ ВЛ 35-110 КВ

ГИРМК обеспечивает **защиту ВЛ от любых** грозовых воздействий!

- Прямых ударов молнии
- Обратных перекрытий
- Индуцированных перенапряжений



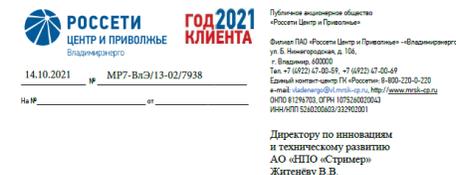
Гирлянда изоляторов-разрядников
мультикамерных
ГИРМК-35



Гирлянда изоляторов-разрядников
мультикамерных
ГИРМК-110

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИРМК И ОТЗЫВЫ

- ВЛ 35 кВ Ливнево-Алешники МРСК Юга – Волгоградэнерго
- ВЛ 35 кВ ТПП Лангепас Лукойл Западная Сибирь
- ВЛ 110 кВ ПС-110 кВ Каменная - ПС 110 кВ ДНС32 РН-Няганьнефтегаз
- ВЛ 220 кВ ЦГЭС-С 30 ФСК ЕЭС - МЭС Юга
- ВЛ 35 кВ Сетевая компания Татарстана
- ВЛ 110 кВ Мызинская (Нагорная – Импульс)
Россети Центр и Приволжье - Нижновэнерго
- ВЛ-110 кВ МС3-183, МС-184 МРСК Сибири - Бурятэнерго
- 7 ВЛ 35, 110 кВ МРСК Сибири - Горноалтайские электрические сети
- ВЛ 110 кВ Александров – Струнино, Струнино-Арсаки
Россети Центр и Приволжье - Владимирэнерго
- ВЛ 110 кВ Владимирская – Ундол с отп. на Колокша
Россети Центр и Приволжье - Владимирэнерго
- ВЛ 110 кВ Рощинская-1/6, Рощинская 4/6 Россети
Ленэнерго - Выборгские электрические сети
- ВЛ 110 кВ АО Оренбургнефть
- ВЛ 110 кВ "Минусинская опорная - Идринская" с отпайками (С-93)
Россети Сибирь - Красноярскэнерго



Об успешном применении ГИРМК

Уважаемый Владимир Вячеславович!

Для повышения грозоустойчивости ВЛ-110 кВ Александров-Струнино и ВЛ-110 кВ Струнино-Арсаки в районах с повышенной грозовой активностью, в филиале «Владимирэнерго» ПАО «Россети Центр и Приволжье» с 2019 года применяются изоляторы-разрядники ГИРМК-110-7хИРМК-10-U120AD(BA)-II-УХЛ1.

Устройства совмещают в себе функции линейной изоляции и молниезащитных разрядников и монтируются вместо имеющейся подвесной изоляции. В процессе эксплуатации было зафиксировано повышение грозоустойчивости оснащенных устройствами участков воздушных линий, снижение количества случаев грозовых отключений на оснащенных участках ВЛ.

Также стоит отметить отсутствие необходимости проведения периодических проверок и испытаний устройств, в процессе эксплуатации, удобство монтажа гирядки изолятор-разрядников, отсутствие необходимости проведения дополнительных мероприятий по уменьшению значения сопротивления заземления опор, и надежность устройств – за время эксплуатации случаев выхода из строя данных устройств зафиксировано не было.

Начальник СЛЭП

И.В. Рыков



О направлении отзыва

Уважаемый Дмитрий Евгеньевич!

В ответ на Ваше письмо от 21.09.2021 № О-И-3808 филиал ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Нижновэнерго» сообщает следующее:

Гирядки изолятор-разрядников мультифункциональных ГИРМК-35-3хИРМК-10-U120AD(BA)-II-УХЛ1 и ГИРМК-110-7хИРМК-10-U120AD(BA)-II-УХЛ1 применяются в филиале «Нижновэнерго» для защиты от грозовых перенапряжений ВЛ 35 кВ и 110 кВ в местах с повышенной грозовой активностью с 2015 года. Преимуществом продукта является возможность его использования как в качестве линейной изоляции, так и в качестве молниезащитного разрядника при грозовых перенапряжениях, а также отсутствие необходимости в промежуточных испытаниях этих устройств.

Случаев выхода оборудования из строя отмечено не было. За прошедшее время нареканий к работе устройства, его надежности и удобству эксплуатации не выявлено.

Исполняющий обязанности первого заместителя
директора – главного инженера

В.В. Чемоданов

ПРИМЕРЫ УСТАНОВКИ



РЕШЕНИЯ АТТЕСТОВАНЫ ПАО «РОССЕТИ»

Аттестация ПАО «Россети»

РАЗРАБОТАНО
Генеральный директор
АО «НПЦ ФСК ЕЭС»

В. В. Харитонов
« 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Дирекции
производственного контроля
ПАО «Россети»

А. Г. Каргушин
августа 2021 г.



ПРОТОКОЛ № ПЦД-120/21 от 02.08.2021 г.

по продлению срока действия Заключения аттестационной комиссии
№ ИЗ-224/15 от 11.11.2015 и дополнению

Срок действия с 02.08.2021 г.

Дата очередной плановой проверки производства до 02.08.2026 г.

ОБОРУДОВАНИЕ

Разрядники мультикамерные РМК-20-IV УХЛ1 для классов напряжения 6, 10 и 20 кВ, климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1 в соответствии с ТУ 3414-001-45533350-2009 (СТАЛ.674336.004 ТУ) (изм. 9).

ЗАЯВИТЕЛЬ

Акционерное общество «НПО «Стример» (АО «НПО «Стример»),
191024, РФ, Санкт-Петербург, Невский пр., 147, пом. 71Н

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Акционерное общество «НПО «Стример» (АО «НПО «Стример»),
Ленинградская обл., д. Новое Девяткино, ул. Главная д.71

СООТВЕТСТВУЕТ

техническим требованиям ПАО «Россети»

РЕКОМЕНДУЕТСЯ

для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети»

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Дирекции
производственного контроля
ПАО «Россети»

А. Г. Каргушин
« 14 сентября 2022 г.



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ
АТТЕСТАЦИОННОЙ КОМИССИИ**

№ ИЗ – 191/22

Срок действия с 14.09.2022 г.

Дата очередной плановой проверки производства до 14.09.2027 г.

ОБОРУДОВАНИЕ

Изоляторы-разрядники мультикамерные типа ИРМК для молниезащитных воздушных линий - ИРМК-10-U120-УХЛ1 для молниезащитных воздушных линий и гирлянды изоляторов-разрядников мультикамерных типа ИРМК для молниезащиты воздушных линий 35, 110 кВ:
ГИРМК-35-НхИРМК-10-U120-Х-УХЛ1, ГИРМК-110-НхИРМК-10-U120-Х УХЛ1, климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1 в соответствии с ТУ СТАЛ. 674335.011 ТУ (ТУ 3414-005-45533350-2011) (изм.4)

ЗАЯВИТЕЛЬ

Акционерное общество «НПО «Стример» (АО «НПО «Стример»),
191024, РФ, Санкт-Петербург, Невский пр., 147, пом. 17Н

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Акционерное общество «НПО «Стример» (АО «НПО «Стример»),
188661, Ленинградская обл., Всеволожский р-н, д. Новое Девяткино, ул. Главная, д.71

СООТВЕТСТВУЕТ

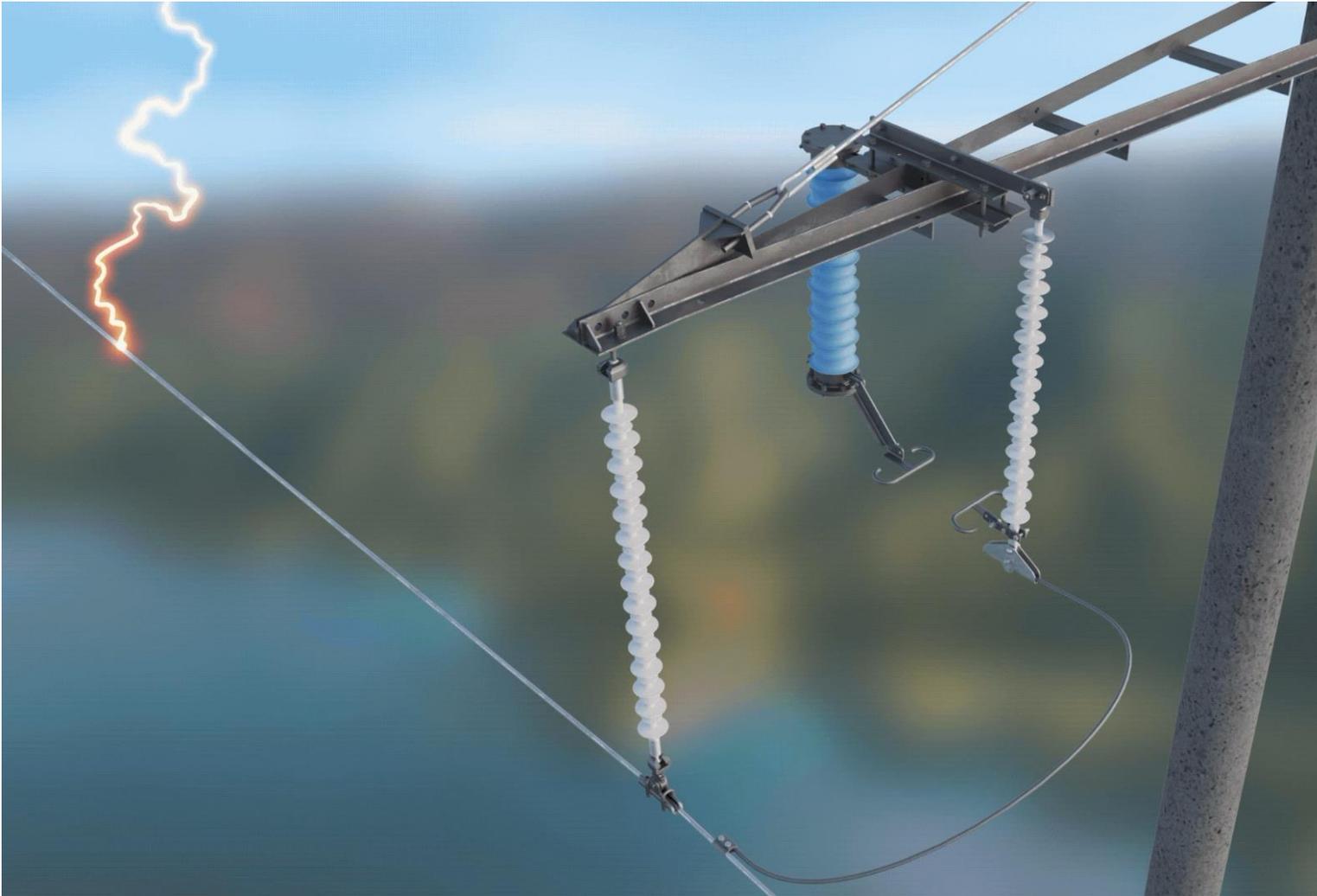
техническим требованиям ПАО «Россети»

РЕКОМЕНДУЕТСЯ

для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети»

РАЗРЯДНИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ – ГАШЕНИЕ “В ИМПУЛЬСЕ”

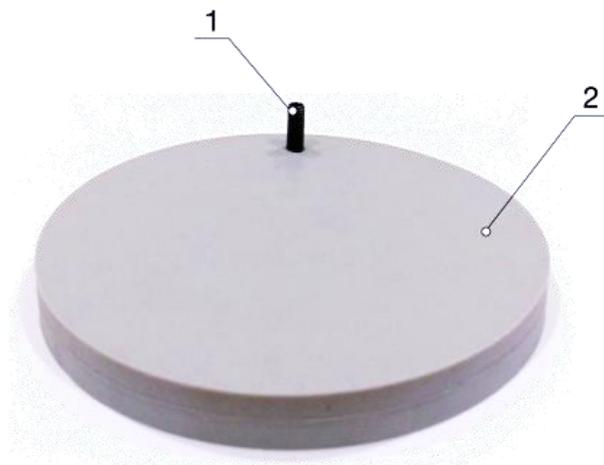
ПРИНЦИП ГАШЕНИЯ «В ИМПУЛЬСЕ»



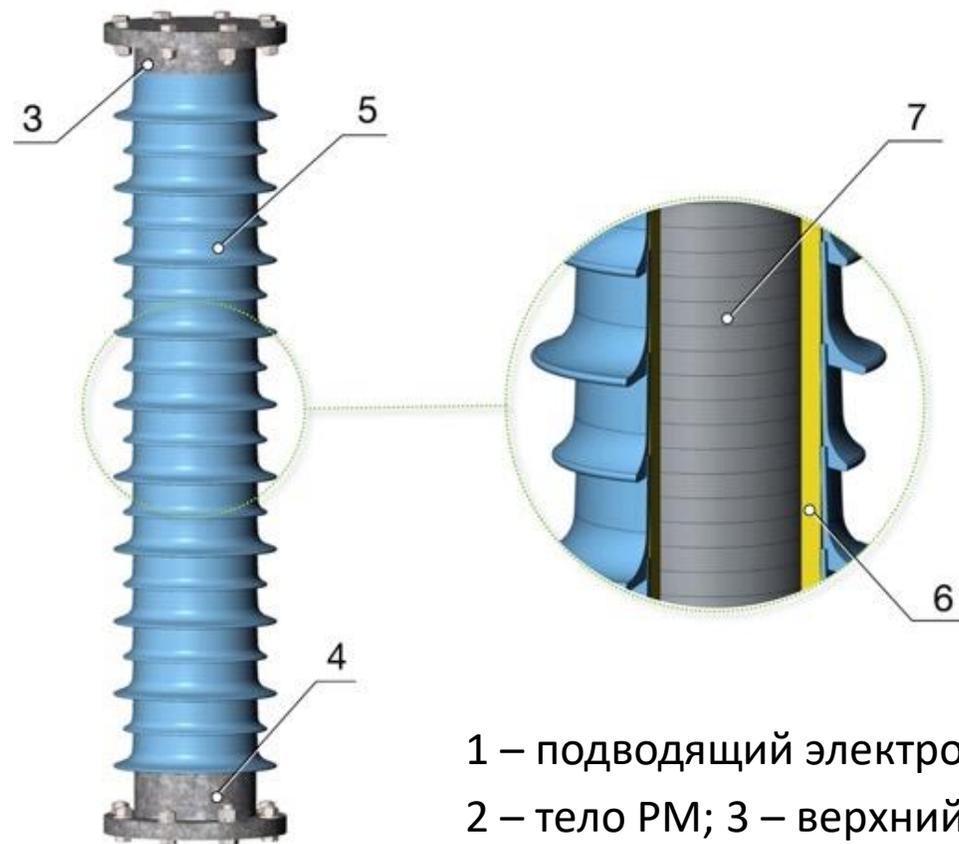
РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Без сопровождающего тока сети
- Время работы до 1 мс
- Отсутствие ограничений по токам к.з.

НОВЫЙ РАЗРЯДНИК БЕЗ ВЫБРОСА ПЛАЗМЫ ЗА ПРЕДЕЛЫ УСТРОЙСТВА

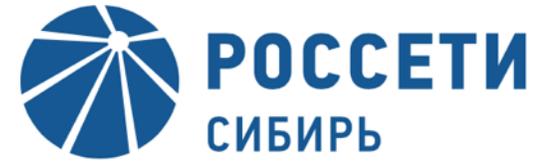


Разрядный модуль (PM)



- 1 – подводящий электрод РМ;
- 2 – тело РМ; 3 – верхний оконцеватель;
- 4 – нижний оконцеватель; 5 – оболочка; 6 – корпус;
- 7 – колонка разрядных модулей.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ИТОГИ ОПЭ

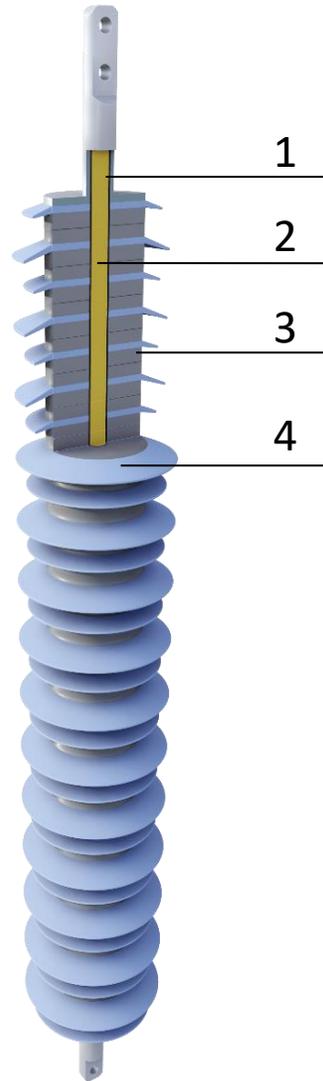


Зафиксировано срабатывание РМКЗ, предотвратившее грозное отключение линии, что подтверждают данные регистраторов токов молнии от 08.07.2023 - удар молнии в фазный провод между опорами № 287 и 288. Опытно-промышленная эксплуатация признана успешной.

РАЗРЯДНИК ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБРАТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ



Разрядный модуль (PM)



- 1 – Оконцеватель;
- 2 - Стеклопластиковый стержень;
- 3 - Изоляционные рёбра;
- 4 - Разрядные модули.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Кобяков Андрей
Руководитель по развитию
направления Молниезащита ВЛ
andrey.kobyakov@streamer.ru
+7 (921) 939-89-97