



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФСК ЕЭС

Доклад

Заместителя директора – начальника отдела инжиниринга
Филиала ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» - СибНИИЭ

А.С. Гайворонского

на Международной научно-практической конференции
«Умные воздушные линии: проектирование и реконструкция»

16-20 июня 2014 года
Санкт-Петербург



СИСТЕМА «ОН-ЛАЙН» МОНИТОРИНГА ВЛ НА ОСНОВЕ ВОЛНОВЫХ ПРИНЦИПОВ



Современные тенденции в развитии электрических сетей предусматривают разработку принципиально новых подходов к оценке технического состояния ВЛ на основе применения автоматизированных систем мониторинга, обеспечивающих получение объективной информации о состоянии ВЛ в режиме реального времени

- *Технологические нарушения в работе ВЛ составляют 30-40% общего числа технологических нарушений на объектах электрических сетей*
- *Значительная доля аварийных отключений ВЛ связана с повреждениями изоляции, проводов и тросов, а также с внешними воздействиями (гроза, гололед, ветровые воздействия, загрязнение изоляции, вандализм и др.)*
- *В настоящее время контроль за состоянием изоляции и других элементов ВЛ осуществляется путем плановых периодических осмотров. Инструментальный контроль, за редким исключением, не проводится*
- *Средства определения мест повреждений (ОМП) на основе импедансного метода не обеспечивают требуемой точности. Зона осмотра ВЛ по данным приборов ОМП может достигать 10 км и более*
- *Информация о грозовой обстановке на трассе ВЛ в текущем времени практически отсутствует. Сведения, получаемые от ГМС очень недостоверны*



- **Выявление дефектов изоляции** для принятия своевременных мер по их устранению и предотвращению аварийных отключений ВЛ
- **Идентификация аварийных отключений ВЛ** по дате, времени, месту повреждения (КЗ на линии)
- **Идентификация грозовых воздействий на ВЛ** по дате, времени, месту удара молнии, включая удары в провод, трос, ближние удары в землю
- **Накопление статистических данных о грозовой активности** в районе прохождения трассы ВЛ, выявление участков ВЛ с избирательной (повышенной) грозопоражаемостью

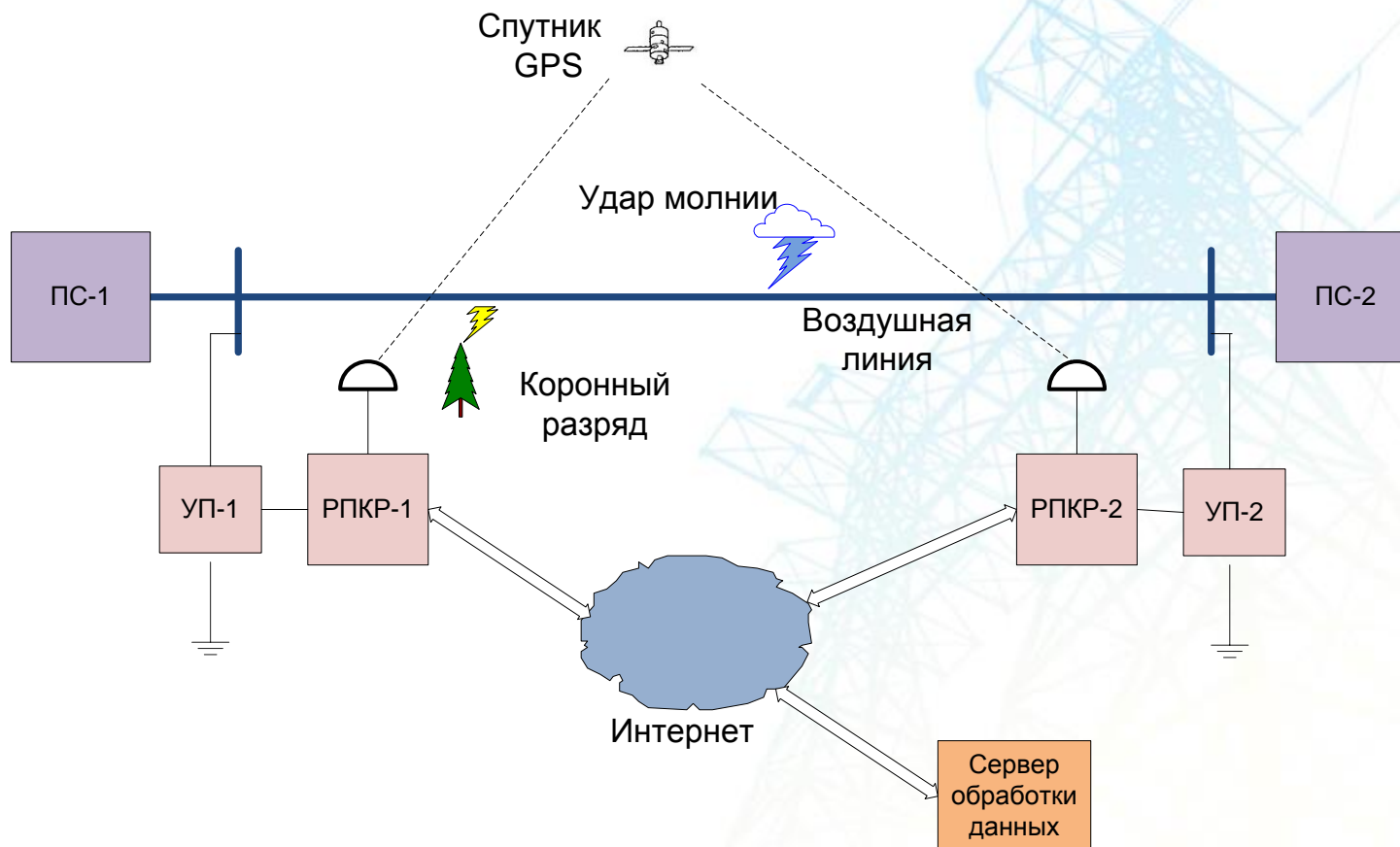


➤ **Мониторинг состояния изоляции** основывается на регистрации сигналов электромагнитных помех от коронных разрядов (КР), возникающих на дефектах изоляции

➤ **Мониторинг грозовых воздействий и мест повреждений ВЛ** основывается на регистрации импульсов перенапряжений (ИП), возникающих при ударах молнии в линию, ближних ударах в землю и при КЗ на линии

➤ **Локализация места** возникновения дефекта, удара молнии или КЗ на линии основывается на синхронном измерении сигналов КР и ИП по концам ВЛ

Устройство и работа Системы Мониторинга



ПС – электрическая подстанция

РПКР-1,2 – Регистраторы Перенапряжений и Коронных Разрядов

УП-1,2 – Устройства Присоединения

Аппаратно - программные средства СМ



Диапазон измерений тока, А: - коронных разрядов, мА - импульсных перенапряжений	0,001 – 1,0 10 - 1000
Полоса рабочих частот, МГц	0,1-10
Частота дискретизации сигналов системы ввода, МГц, не менее	10-60
Временной интервал, в течение которого производится однократное измерение, мс, не менее	60-200
Погрешность синхронизации измерений, мкс, не более	1
Погрешность определения расстояния до места повреждения ВЛ, м, не более	300
Число синхронных каналов измерения, не менее	3
Напряжение питания (АС), В	176-242
Потребляемая мощность, Вт, не более	200



- **Мониторинг грозовых разрядов и мест повреждений ВЛ:**

2011 – 2013 г. г. - разработан опытный образец СМГР-МП, проведена опытно-промышленная эксплуатация на ВЛ 220 кВ «Цимлянская ГЭС – Ш30»

2013 г. - серийные образцы СМГР-МП установлены в эксплуатацию на ВЛ 220 кВ МЭС Востока

- **Мониторинг технического состояния изоляции ВЛ:**

2010 г. - разработан экспериментальный образец СКИЛ, проведены его натурные испытания на ВЛ 110, 220 кВ

2013 г. – начата разработка опытных образцов СМВЛ

Опытно-промышленная эксплуатация СМГР: на ВЛ 220 кВ «ЦГЭС – Ш30», 2011 – 2013 г.г.



Ш-30
РГПН-1

ВЛ 220 кВ «ЦГЭС – Ш30» - 141,1 км (476,4 мкс)

ЦГЭС
РГПН-2



База данных о событиях грозовых воздействий и аварийных отключений ВЛ



СМГР

Система мониторинга грозовых разрядов

Добро пожаловать,
Александр Сергеевич Гайворонский

выход

Главная События на ВЛ Внешние события Подстанции Описание проекта

События на ВЛ 220 кВ ЦГЭС – Ш-30

Линия между ПС ЦГЭС и Ш30. Протяженность линии 141 244.1 м

№	Дата	Время *	ЦГЭС (А)	Ш30 (В)	Δt, мкс	от А, м **	от В, м **	№ опоры
94d	2011-06-30	17:29:39			-145.3	92 297.2	48 946.9	170
50d	2011-06-26	22:09:44			48.5	63 387.1	77 857.0	250
48d	2011-06-26	22:07:23			68.2	60 448.3	80 795.8	257
43d	2011-06-25	17:09:36			208.9	39 459.4	101 784.7	320
39d	2011-06-10	19:51:02			-2 355.2	421 959.4	-280 715.3	1



СМГР

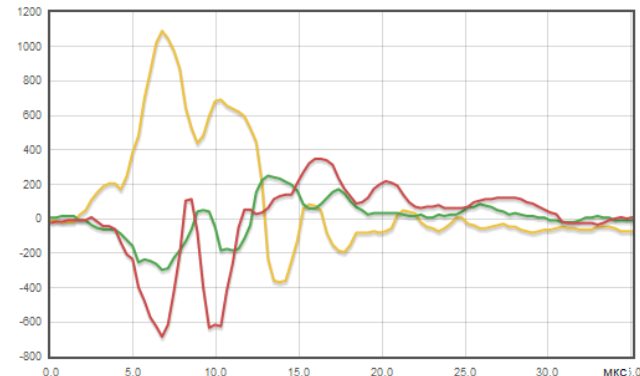
Система мониторинга грозовых разрядов

Добро пожаловать,
Александр Сергеевич Гайворонский

выход

Главная События на ВЛ Внешние события Подстанции Описание проекта

Событие 43d на ВЛ 220 кВ ЦГЭС – Ш-30

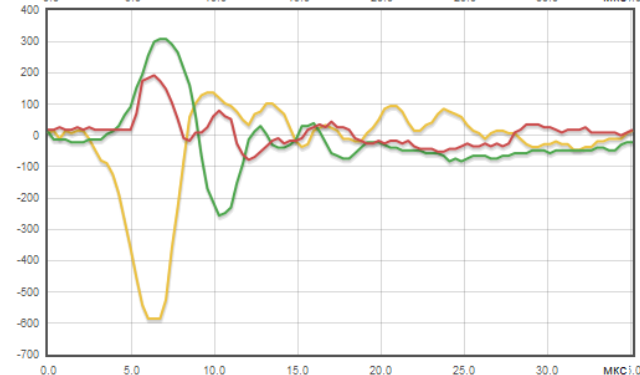


1 @ ЦГЭС

фаза А
фаза В
фаза С

сохранить

	POST	local	global
μs	625300.5	630295.4	625300.5
a _{max}	949.00000	1091	949
b _{max}	250.00000	297	250
c _{max}	685.00000	685	685



1 @ Ш30

фаза А
фаза В
фаза С

сохранить

	POST	local	global
μs	625509.4	630504.3	625509.4
a _{max}	359.00000	585	359
b _{max}	256.00000	308	256
c _{max}	192.00000	192	192

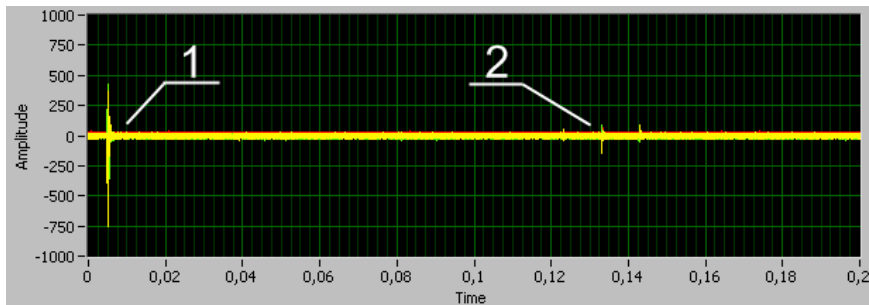
Результаты мониторинга:

событие **26.06.2011** (22:07:23)

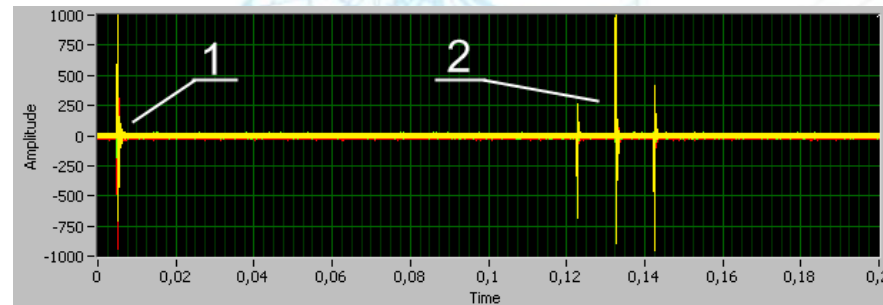
Грозовое воздействие (1) и отключение ВЛ (2)



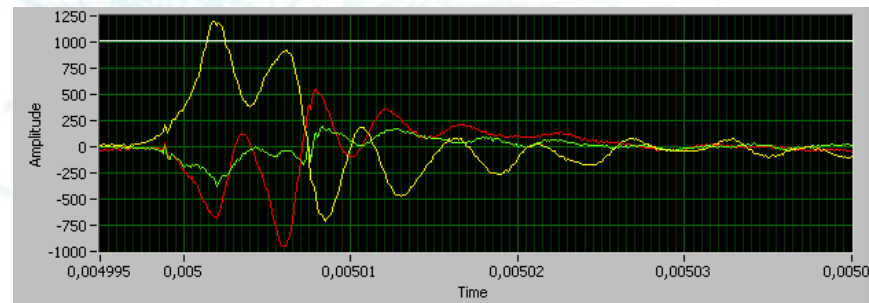
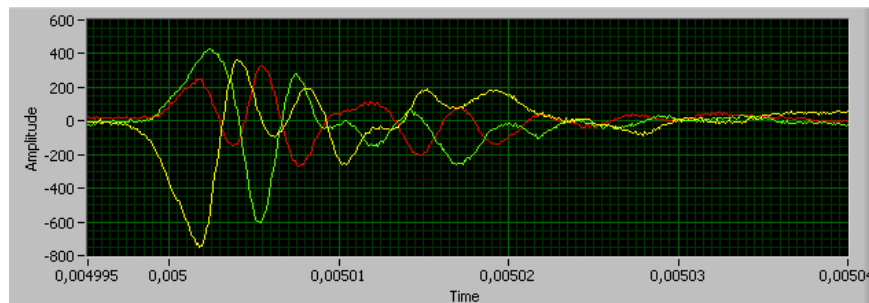
ШЗО



ЦГЭС



а) весь процесс аварийного отключения, который регистрируется в течение 200 мс



б) сигналы перенапряжения (1) в развернутом виде

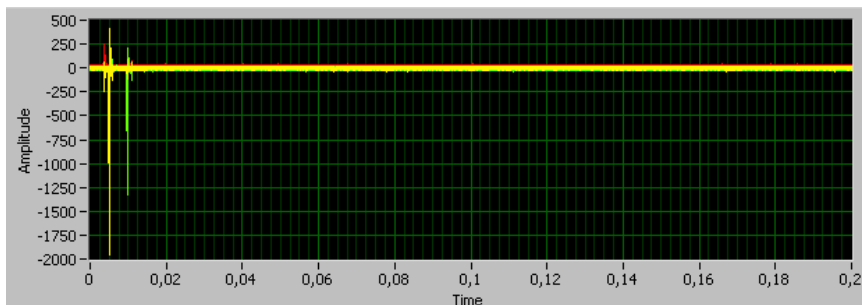
Результаты мониторинга:

событие **26.06.2011** (22:07:27)

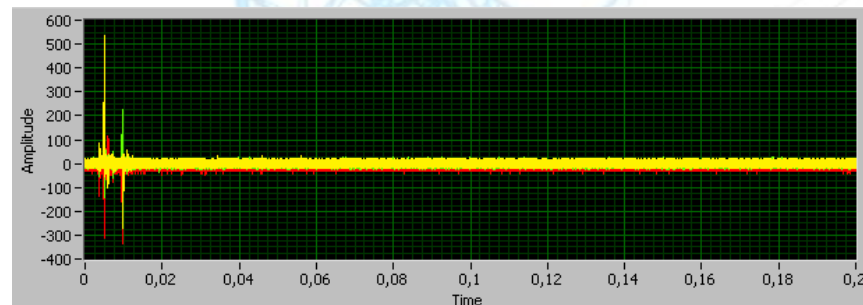
повторное включение линии в цикле АПВ со стороны ШЗ0



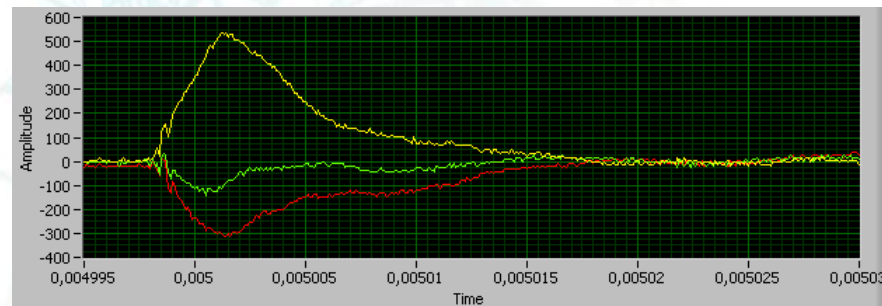
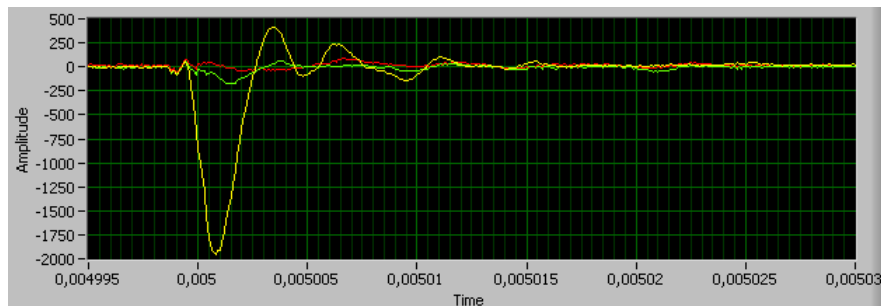
ШЗ0



ЦГЭС



а) весь процесс повторного включения, который регистрируется в течение 200 мс



б) Сигнал включения фазы «А» в развернутом виде

Опытно – промышленная эксплуатация СМГР:

результаты мониторинга за период с 14.05.11 по 30.10.2012

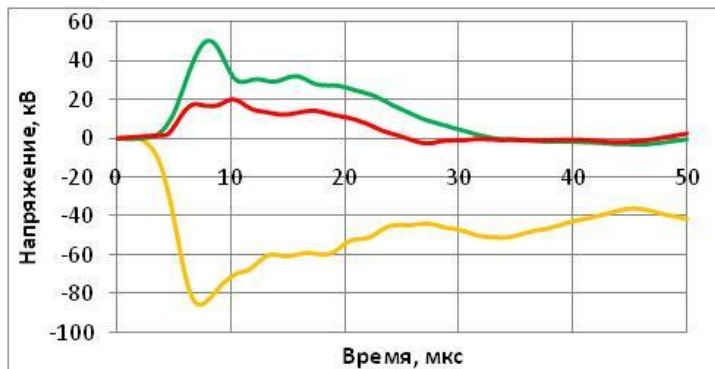


№ п.п.	Тип события	Число событий данного типа, шт., зарегистрированных на участках ВЛ:		
		с тросом	без тросов	В целом
1	Аварийное отключение ВЛ при ударе молнии	0	9	9
2	Аварийное отключение ВЛ по иным причинам	4	2	6
3	Удар молнии в линию, ближний удар в землю без перекрытия изоляции	9	6	15
4	Все события	13	17	30

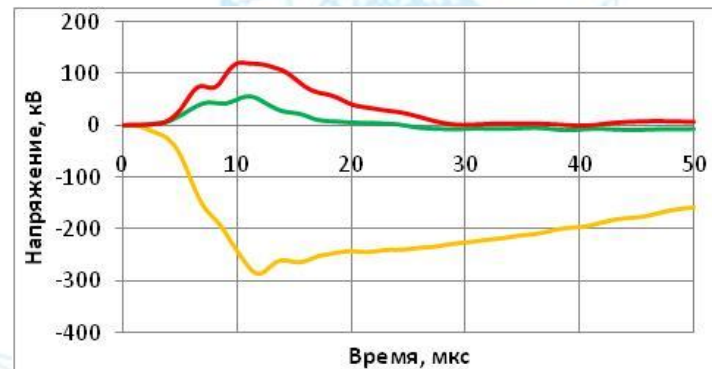
Результаты мониторинга: параметры импульсов напряжения при грозовых отключениях ВЛ



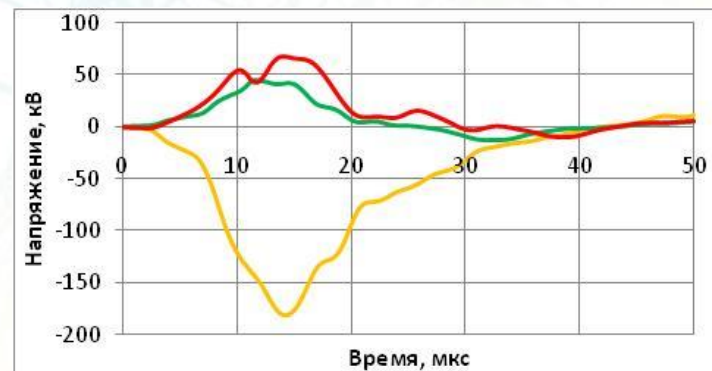
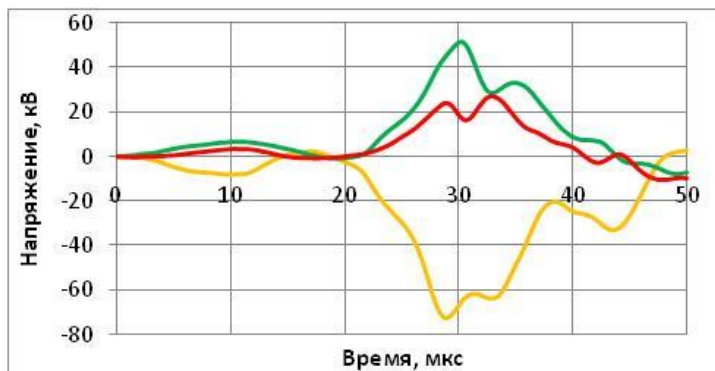
ШЗО



ЦГЭС



Событие №2 25.06.2011

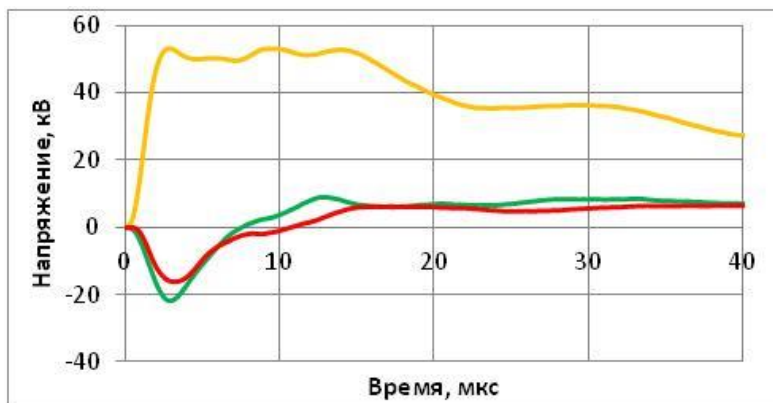


Событие №4 26.06.2011

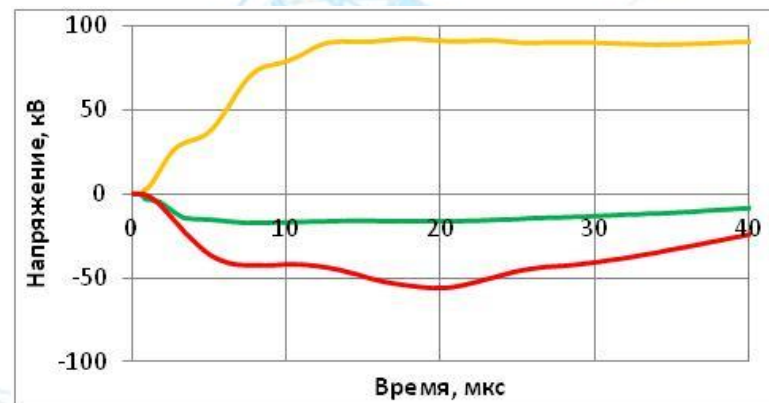
Результаты мониторинга: параметры импульсов напряжения при отключениях ВЛ в нормальном режиме



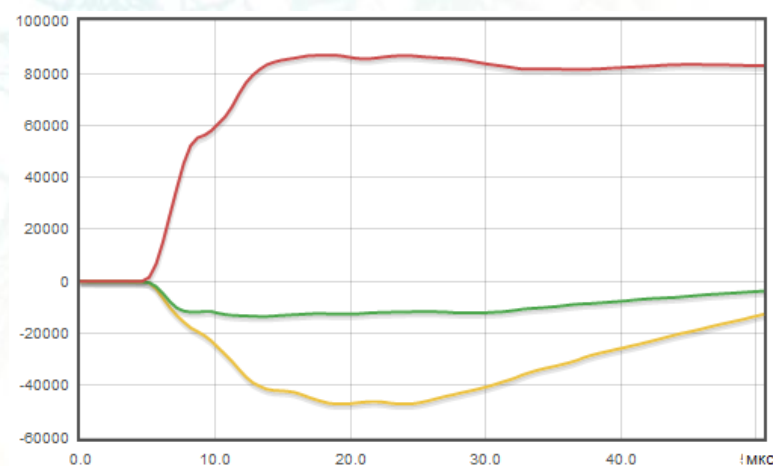
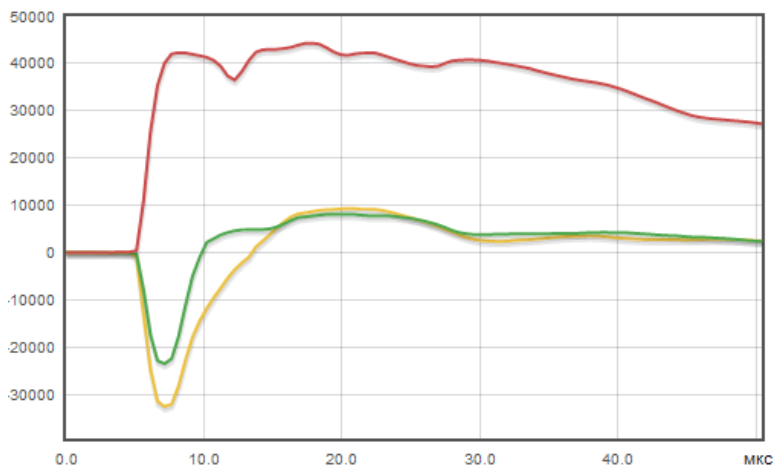
ШЗО



ЦГЭС



Событие №1 25.08.2011



Событие №3 28.08.2012

Результаты мониторинга:

параметры импульсов напряжения

при грозовых воздействиях без перекрытия изоляции



Амплитуда

– 6 ÷ 60 кВ

Длительность фронта

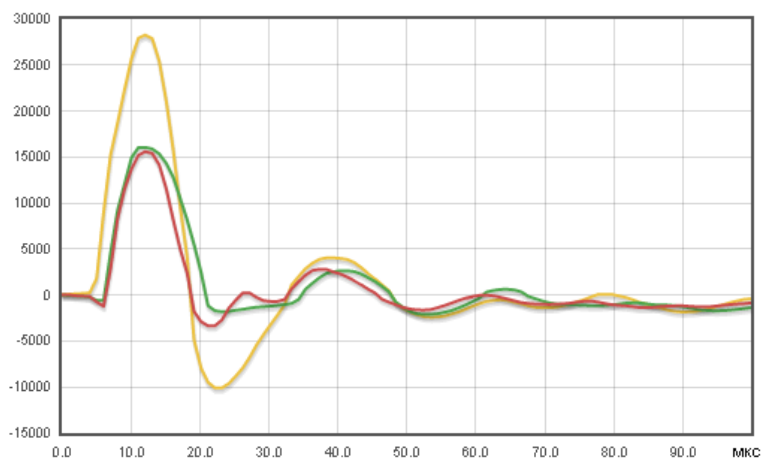
– 3 ÷ 20 мкс

Длительность импульса

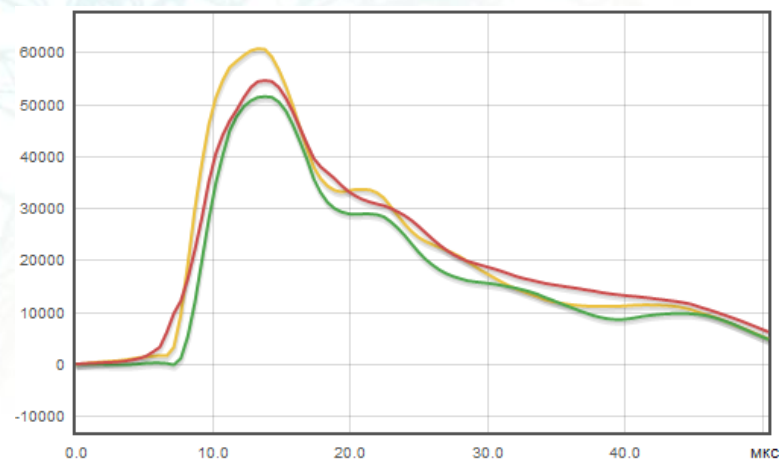
– 8 ÷ 45 мкс

Число компонент

– 1 ÷ 4 шт.



Событие №4 – 13.07.2012 - 14:09:05,318



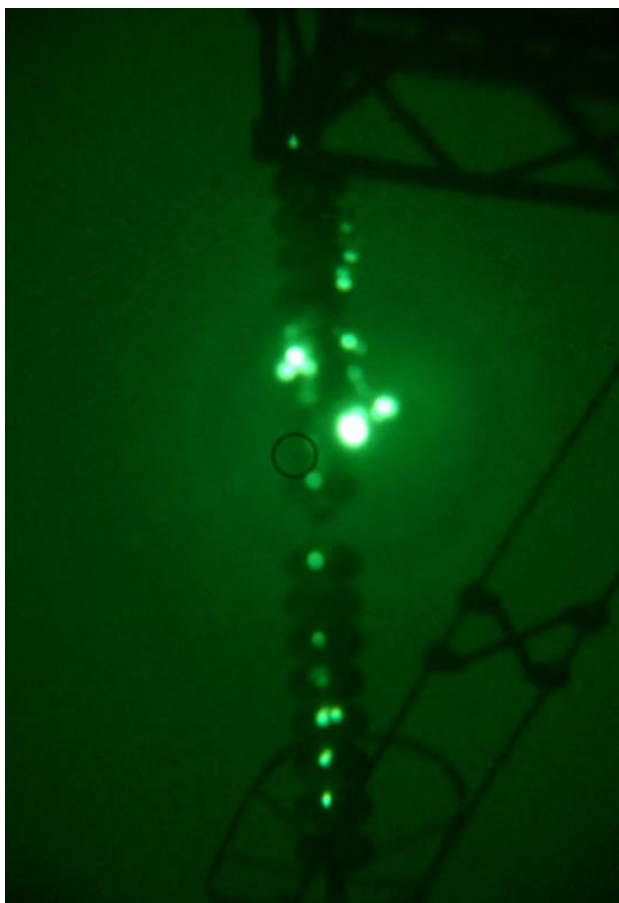
Событие №13 – 28.08.2012 - 22:40:16,174

Результаты мониторинга:

локализация мест повреждений (КЗ) на ВЛ



Событие на ВЛ	Место отключения по данным СМГР		Место отключения по результатам осмотра, показаниям других систем
	Расстояние от Ш-30, км	Номер пролета	
№1 10.06.2011	86,2	270-271, фаза С	271, фаза С
№2 25.06.2011	101,8	319-320, фаза А	319, фаза А
№3 26.06.2011 22:07:23	80,8	257-258, фаза А	257, фаза А
№4 26.06.2011 22:09:44	77,9	250-251, фаза А	251, фаза А
№5 30.06.2011	48,9	170-171, фаза А	171, фаза А
№1 16.05.2012	102,7	322-323, фаза С	323, фаза С
№2 14.07.2012	106,7	328-329, фаза А	328, фаза А

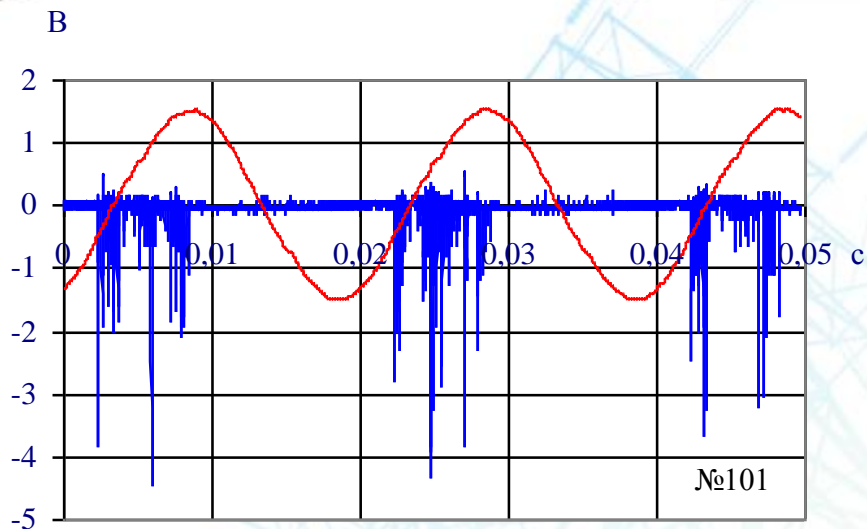
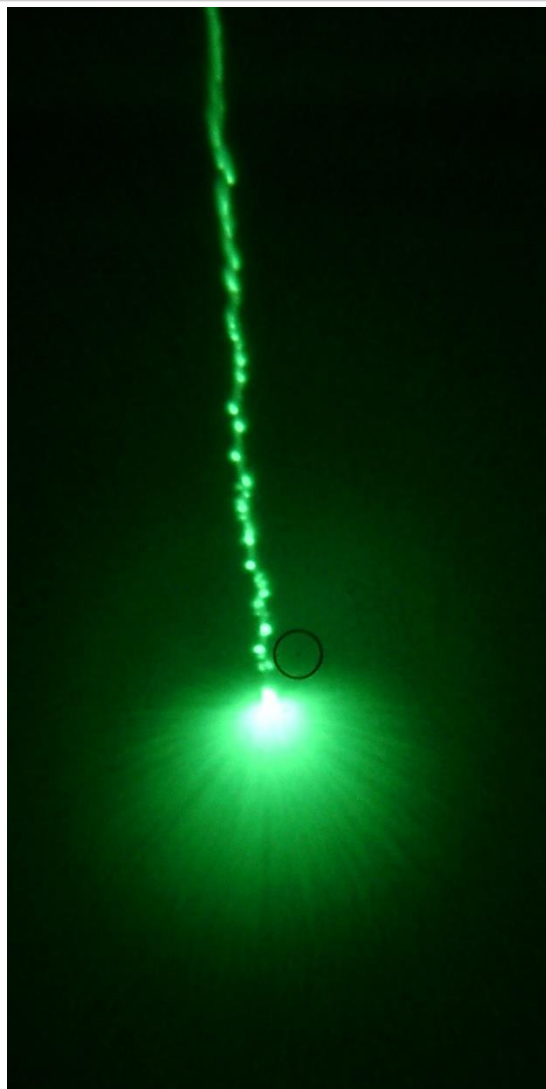


➤ *Первопричины, вызывающие отключение линии,* могут быть различными. Однако в конечном счете отключение ВЛ всегда происходит из-за перекрытия изоляции или иными словами из-за «дефекта изоляции»

➤ *К дефектам изоляции в широком понимании относятся* не только дефекты изолирующих подвесок и повреждения собственно изоляторов, но и любые другие отклонения от нормального технического состояния элементов ВЛ и их трасс, а также внешние воздействия, вызывающие ослабление изоляции

Дефекты изоляции, как источники КР:

наброс проволоки на провод

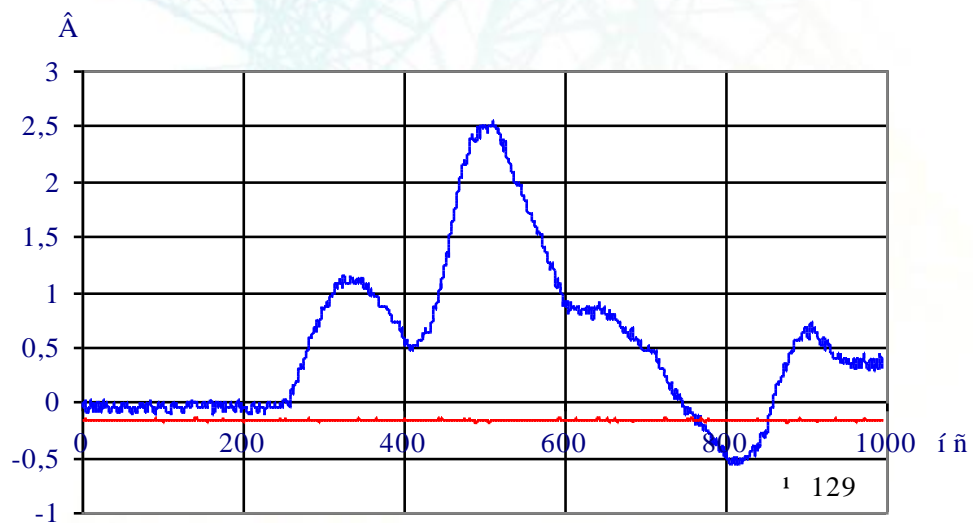
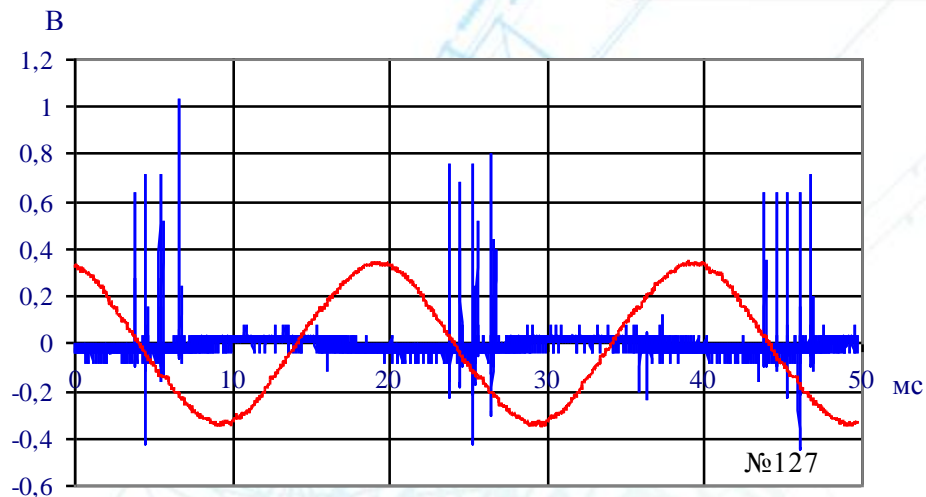
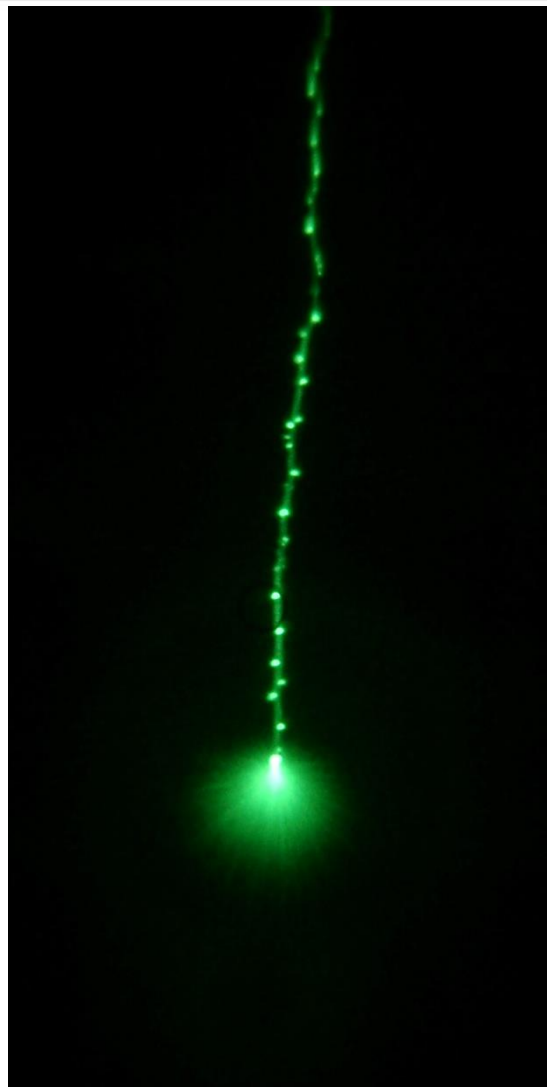


Параметры сигналов КР:

-уровень КР	10-1000 мА
-параметры импульса	(40-100)/(100-200) нс
-частота следования	0,05 – 10 кГц
-фазовый интервал	30-90, 180-270 град

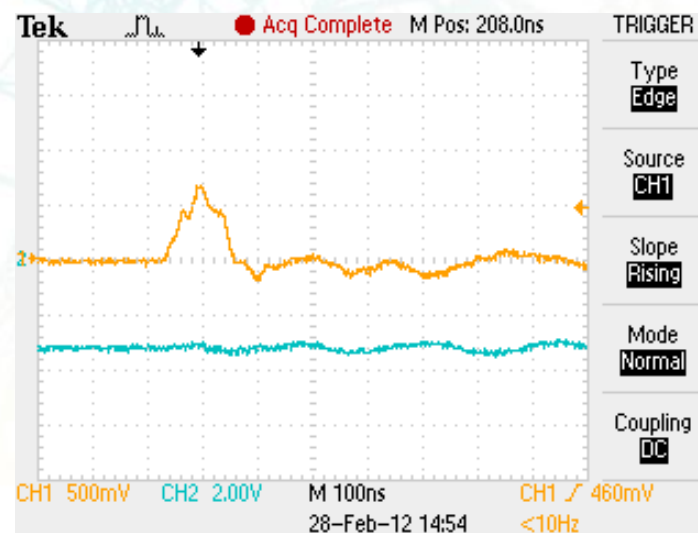
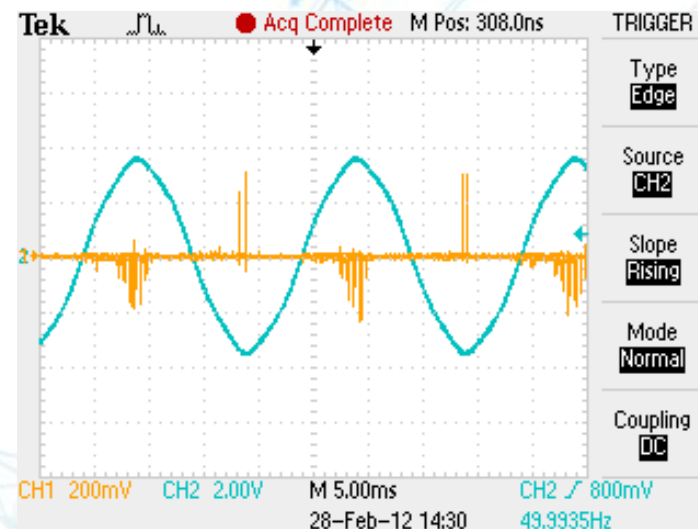
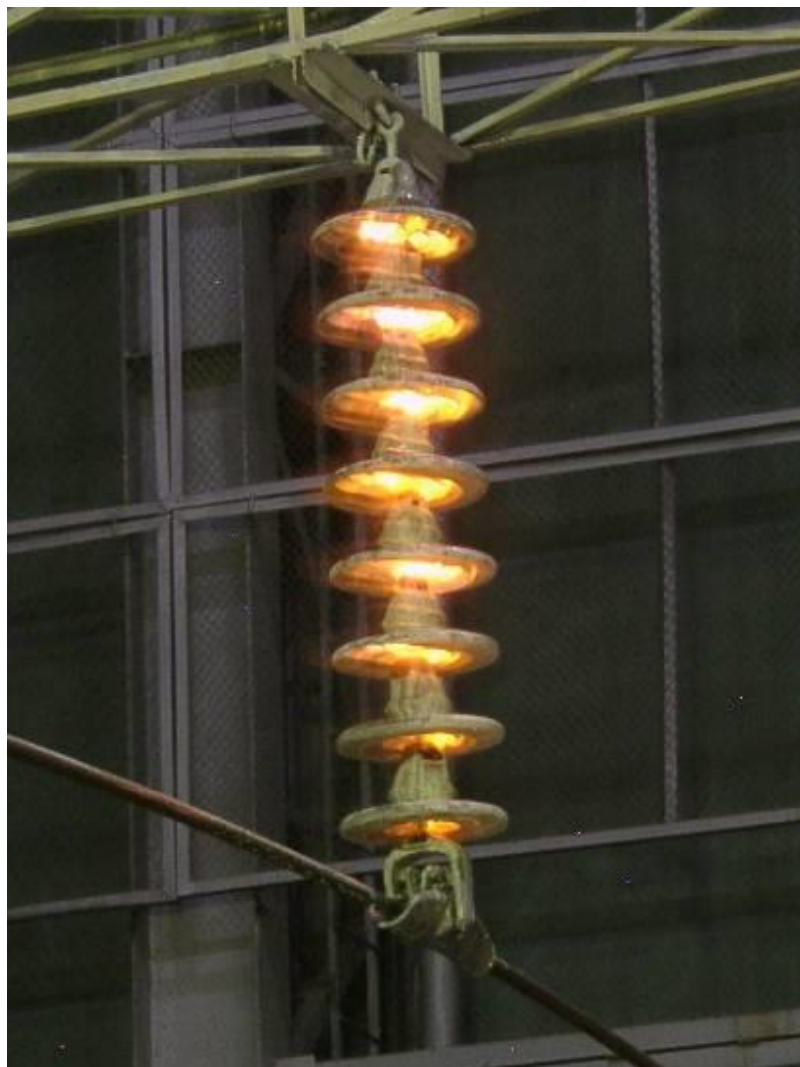
Дефекты изоляции, как источники КР:

наброс проволоки на траверсу



Дефекты изоляции, как источники КР:

загрязнение изоляторов



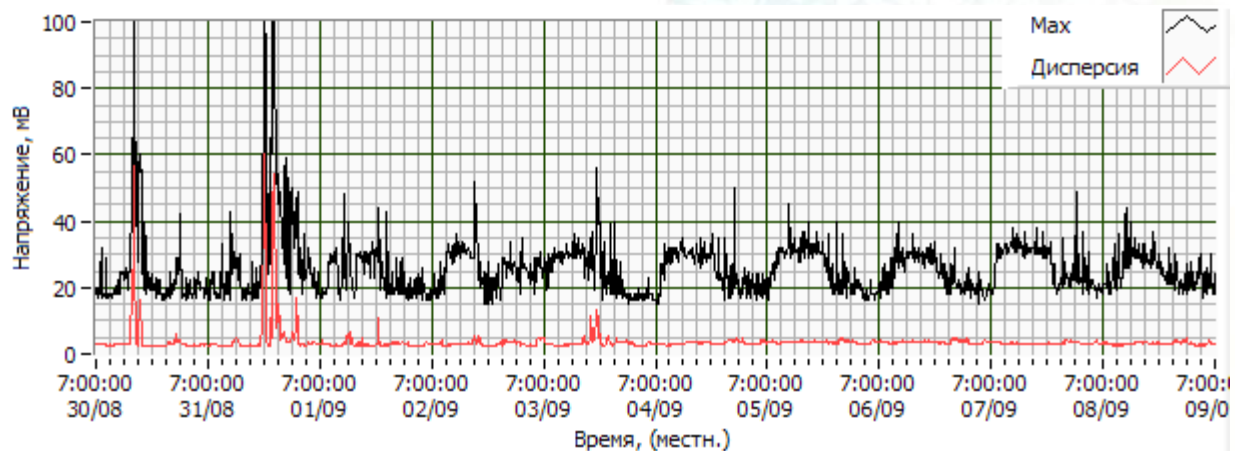
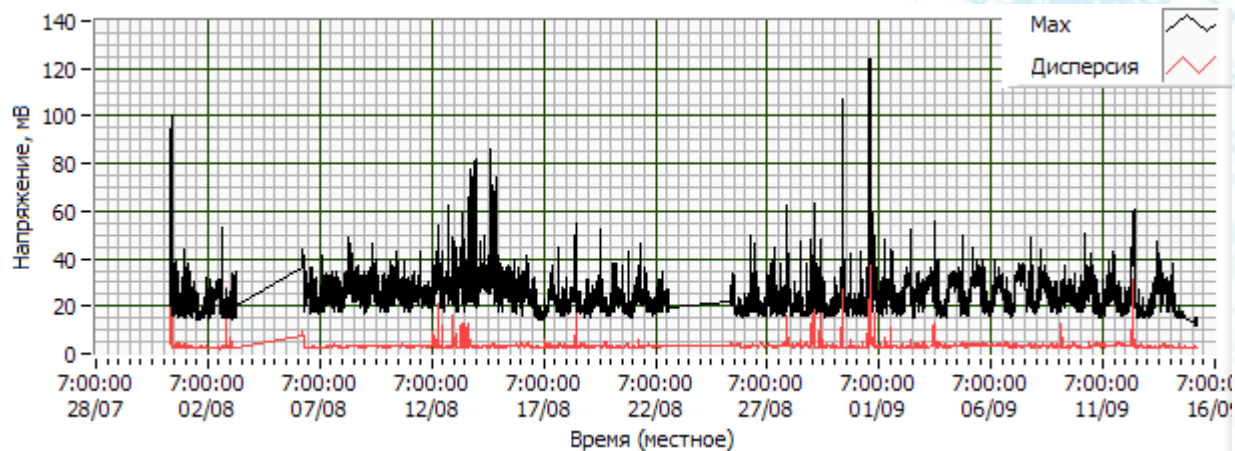
Натурные испытания СКЛ:

ПС 500 кВ Заря, ВЛ 220 кВ № 252



Максимальный уровень КР – 12-124 мВ

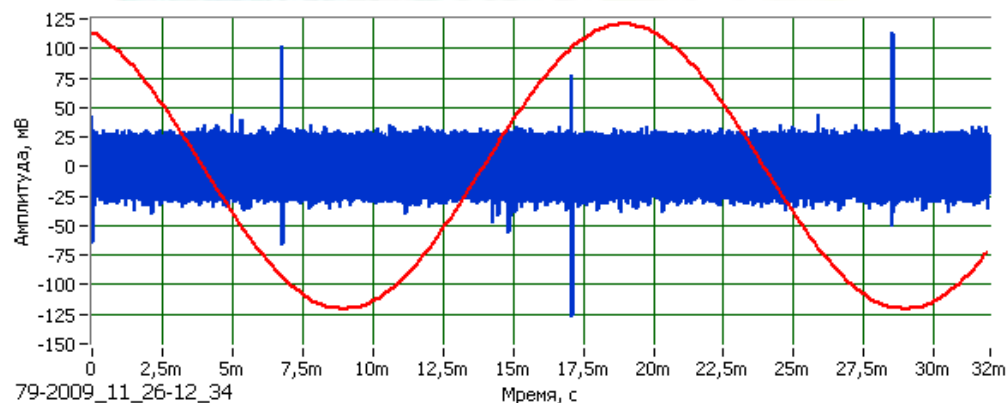
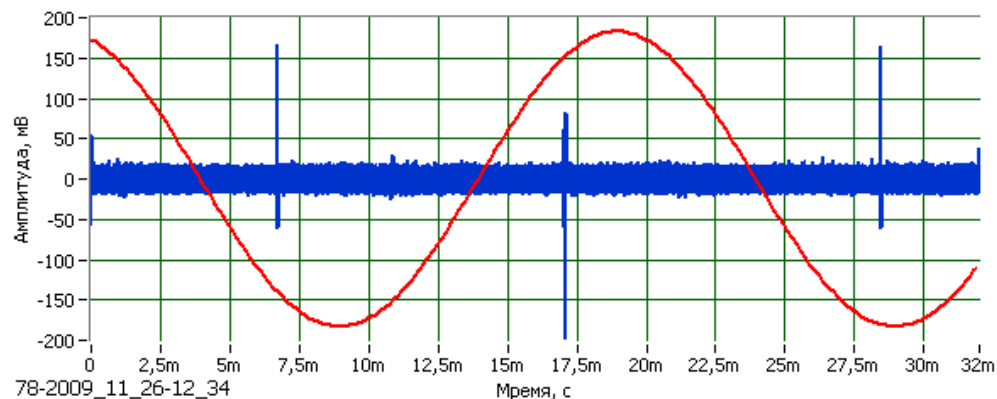
Среднее значение КР – 24,5 мВ



Натурные испытания СКИЛ: ВЛ 110 кВ КТ-82, Горно-Алтайские ЭС



Мониторинг КР на искусственных дефектах изоляции ВЛ



Натурные испытания СКИЛ:

ВЛ 110 кВ КТ-82, Горно-Алтайские ЭС



Наименование характеристики	Значение	
	РПКР-1 «Турочак»	РПКР-2 «Кебезень»
ДФ1 – опора № 170		
Расстояние от дефекта до пункта регистрации, м	250 м	42 240 м
Характеристики сигналов: - амплитуда импульса, мВ; - длительность фронта/длительность импульса, нс.	1500 30/120	40-70 400/800
Разница времени прихода сигналов в пункты регистрации, мкс	150,5	
Средняя скорость распространения сигналов, м/мкс	279	
Электрическая длина ВЛ КТ-82, мкс	152,3	
ДФ2 – опора № 112		
Расстояние от дефекта до пункта регистрации, м	15 065	27 425
Характеристики сигналов: - амплитуда импульса, мВ; - длительность фронта/длительность импульса, нс.	160-220 200/400	120-160 300/600
Разница времени прихода сигналов в пункты регистрации, мкс	44,3	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:



Разработана система мониторинга грозовых разрядов и определения мест повреждений ВЛ на основе регистрации импульсов перенапряжений, возникающих при ударах молнии в линию, ближних ударах в землю, а также при коротких замыканиях на ВЛ

- **СМГР обеспечивает надежную идентификацию грозовых воздействий и аварийных отключений ВЛ по дате, времени, месту удара молнии или КЗ на линии, причине отключения («грозовое» -«негрозовое»)**
- **Точность определения расстояния до места повреждения – не хуже 300 м**
- **Время автоматической обработки информации (актуализации электронной базы данных) – не более 10 мин**

Применение системы мониторинга позволяет повысить надежность работы, снизить затраты на обслуживание и ремонты электрических сетей



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!