



**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО  
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЫ»**

---

---

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Президент НП «НТС ЕЭС»,  
д.т.н., профессор

Н.Д. Рогалев

«26» декабря 2017 г.

**ПРОТОКОЛ**

совместного заседания секции «Управления режимами энергосистем, РЗА», секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «НТС ЕЭС» и секции «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях» Научно-технического совета ПАО «Россети».

19 декабря 2017 г.

г. Москва

**Присутствовало: 30 человек** (список представлен в Приложении 1).

**На заседании выступили:**

**Вопрос 1. Разработка и исследование системы селективного автоматического повторного включения комбинированных воздушно-кабельных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше.**

**С докладом:**

**1. «Результаты НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС» по теме «Разработка и исследование системы селективного автоматического повторного включения комбинированных воздушно-кабельных линий»**

**электропередачи напряжением 110 кВ и выше»** - С.В. Балашов (зам. генерального директора по ИТС ОАО «ВНИИР») (приложение 2).

***В обсуждении доклада и прениях выступили:***

Арцишевский Я.Л., Воробьев В.С., Байбаков Ю.В., Гусев Ю.П., Исаев В.В., Коротков В.А., Лачугин В.Ф., Линт М.Г., Непомнящий Е.Е., Нудельман Г.С., Смага М.В., Смекалов В.В., Шапеев А.А.

**Заслушав доклад, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:**

1. Актуальность и большую практическую важность проводимой работы.
2. Новизну предлагаемых технических решений и их соответствие основным мировым трендам в данной области.
3. Необходимость проведения опытной эксплуатации разработанного устройства для оценки его функционирования в реальных условиях (наличие взаимоиנדукции между фазами ЛЭП и экранами кабелей, ВЧ помех и т.д.).

Совместное заседание секции «Управления режимами энергосистем, РЗА», секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «ИТС ЕЭС» и секции «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях» Научно-технического совета ПАО «Россети» **приняло следующее решение по вопросу 1:**

1. Одобрить представленные результаты НИОКР и рекомендовать установку разработанной системы САПВ КВЛ в опытную эксплуатацию.
2. После завершения периода опытной эксплуатации системы САПВ КВЛ обсудить полученные результаты.

**Вопрос 2. Разработка программно-технического комплекса оптимизации схемно-технических решений с учетом показателей аппаратной и объектовой надежности.**

***С докладом:***

1. «**Разработка программно-технического комплекса оптимизации схемно-технических решений с учетом показателей аппаратной и объектовой надежности**» - А.А. Волошин (руководитель дирекции Интеллектуальных систем управления и технологий АО «ИТЦ ФСК ЕЭС»).

***В обсуждении доклада и прениях выступили:***

Гусев Ю.П., Нудельман Г.С.

**Заслушав доклад, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:**

1. Высокую степень влияния на результаты работы ПТК достоверности исходных статистических данных, используемых в предлагаемых в работе алгоритмах.
2. Отсутствие на практике необходимой статистики, высокую вероятность недостоверности данных.
3. Необходимость выработки критериев оптимизации схемно-технических решений, менее зависимых от достоверности исходных данных.

Совместное заседание секции «Управления режимами энергосистем, РЗА», секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «НТС ЕЭС» и секции «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях» Научно-технического совета ПАО «Россети» **приняло следующее решение по вопросу 2:**

1. Поддержать представленную работу.
2. Поставить предлагаемую тему в план работы Секции 3 НТС ПАО «Россети» на 2018г. с предложением совместного обсуждения с секцией 2 НТС ПАО «Россети».

**Вопрос 3. Концепция и технические решения для совершенствования противоаварийной автоматики ЕЭС России с использованием программно-замкнутого управления и векторных измерений в сети**

*С докладом:*

1. «Концепция и технические решения для совершенствования противоаварийной автоматики ЕЭС России с использованием программно-замкнутого управления и векторных измерений в сети» - В.А. Коротков (к.т.н., ст. научный сотрудник, заслуженный работник ЕЭС России).

*В обсуждении доклада и прениях выступили:*

Михайленко А.Ф., Нудельман Г.С., Шеметов А.С.

**Заслушав доклад, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:**

1. Необходимость доработки формулировки темы предлагаемой работы.
2. Важность анализа в работе стоимости предлагаемых решений и влияния их внедрения на показатели надежности функционирования существующей системы противоаварийной автоматики ЕЭС России.

Совместное заседание секции «Управления режимами энергосистем, РЗА», секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «НТС ЕЭС» и секции «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях» Научно-технического совета ПАО «Россети» приняло следующее решение по вопросу 3:

1. Поставить предлагаемую тему в план работы Секции 3 НТС ПАО «Россети» на 2018г.

2. Создать рабочую группу для анализа возможностей использования программно-замкнутого управления и векторных измерений в сети для совершенствования противоаварийной автоматики ЕЭС России.

Первый заместитель Председателя  
Научно-технической коллегии  
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор

В.В. Молодюк

Ученый секретарь  
Научно-технической коллегии  
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

Я.И. Исамухамедов

Председатель секции «Управление  
режимами энергосистем РЗиА»  
НП «НТС ЕЭС»

А.Ф. Бондаренко

Ученый секретарь секции  
«Управление режимами энергосистем  
РЗиА» НП «НТС ЕЭС»

А.Ф. Морозова

Председатель секции «Проблемы  
надежности и эффективности  
релейной защиты и средства  
автоматического системного  
управления в ЕЭС России» НП  
«НТС ЕЭС», к.т.н.

А.В. Жуков

Ученый секретарь секции «Проблемы  
надежности и эффективности  
релейной защиты и средства  
автоматического системного  
управления в ЕЭС России» НП «НТС  
ЕЭС»

А.И. Расщепляев

## Список участников заседания

ФИО	Организация
1. Нудельман Года Семенович	ОАО «ВНИИР»
2. Воропай Николай Иванович	ИСЭМ СО РАН
3. Гусев Юрий Павлович	НИУ МЭИ
4. Гусенков Алексей Васильевич	ИГЭУ
5. Магадеев Руслан Раисович	ПАО «Россети»
6. Лачугин Владимир Федорович	ОАО «ЭНИН»
7. Непомнящий Евгений Евгеньевич	ПАО «ФСК ЕЭС»
8. Исаев Вячеслав Васильевич	ООО НПП «ЭКРА»
9. Воробьев Виктор Станиславович	АО «СО ЕЭС»
10. Мальцев Максим Ильич	ПАО «РусГидро»
11. Балашов Сергей Васильевич	ОАО «ВНИИР»
12. Морозов Алексей Павлович	ПАО «РусГидро»
13. Сацук Евгений Иванович	АО «СО ЕЭС»
14. Михайленко Андрей Федорович	АО «СО ЕЭС»
15. Горожанкин Павел Алексеевич	АО «Институт «Энергосетьпроект»
16. Сницкий Андрей Викторович	ПАО «Россети»
17. Арцишевский Ян Леонардович	НИУ «МЭИ»
18. Волошин Александр Александрович	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
19. Смекалов Владимир Валентинович	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
20. Шапеев Александр Анатольевич	ОАО «ВНИИР»
21. Байбаков Юрий Владимирович	АО «Энергосетьпроект»
22. Харламов Василий Анатольевич	ООО «Юнител-Инжиниринг»
23. Коротков Владимир Александрович	Эксперт, к.т.н., ст. научн. сотр., заслуженный работник ЕЭС России
24. Линт Михаил Георгиевич	ООО «Релематика»
25. Митрофанов Николай Николаевич	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
26. Рабинович Марк Аркадьевич	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
27. Шеметов Андрей Сергеевич	ПАО «ФСК ЕЭС»
28. Смага Михаил Владимирович	Центр технического надзора – филиал ПАО «Россети»
29. Магадеев Эльдар Владимирович	ПАО «Россети»
30. Журавлев Денис Михайлович	ОАО «ВНИИР»

# Разработка и исследование системы селективного автоматического повторного включения комбинированных воздушно-кабельных линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше

Содержание и главные результаты НИОКР для ПАО «ФСК ЕЭС»

■ АБС Электро



ОАО «ВНИИР»



ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

# СОДЕРЖАНИЕ НИОКР

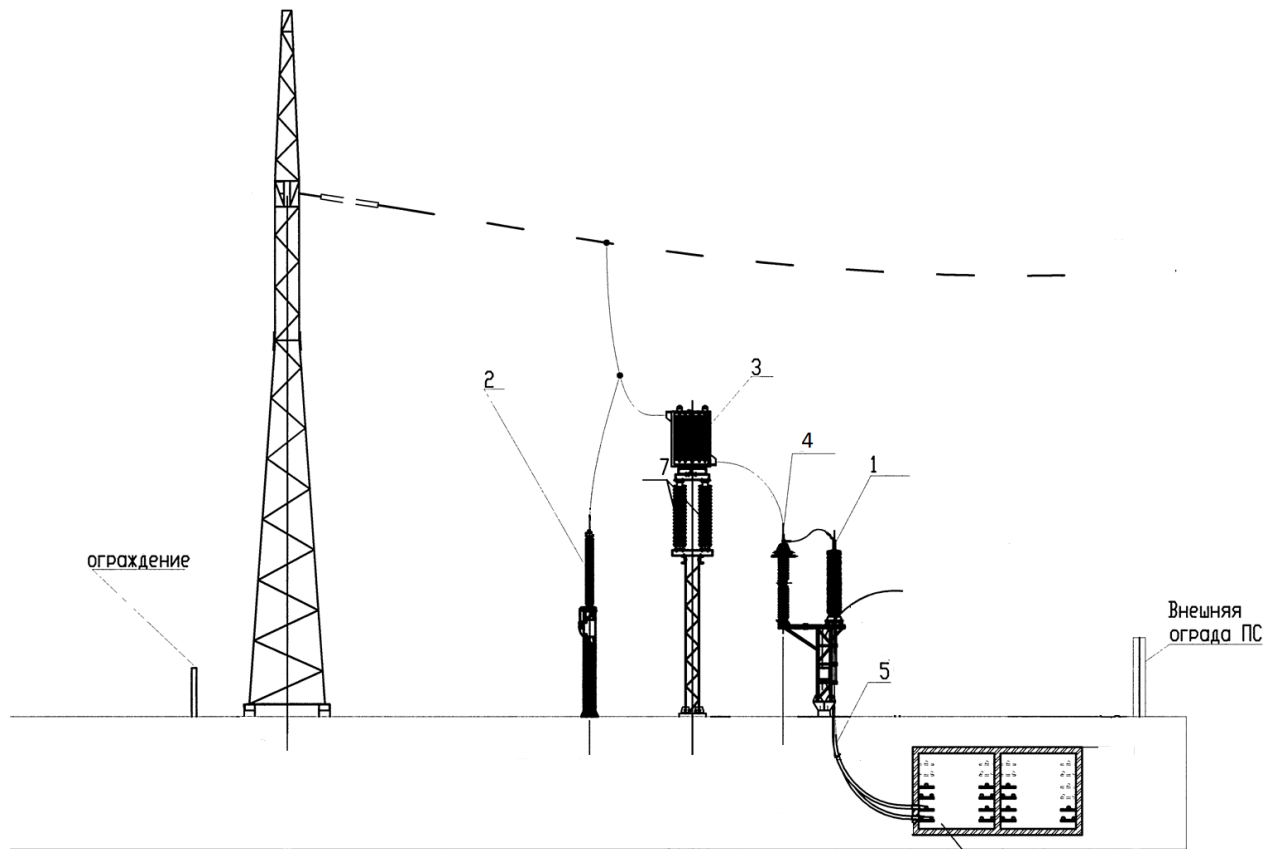
- ОБСЛЕДОВАНИЕ КВЛ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ КЗ НА КАБЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ
- РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ПРОВЕРКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НА МОДЕЛИ КВЛ
- РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОПЫТНЫЙ ОБРАЗЕЦ
- ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА
- РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА УСТАНОВКУ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА И ИСПЫТАНИЕ НА МОДЕЛИ РЕАЛЬНОЙ КВЛ
- УСТАНОВКА И ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА (2018 ГОД)

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ $\geq 110$ кВ

- Варианты конструктивного исполнения КВЛ напряжением 110 кВ и выше:
  - 1) Кабельный ввод на подстанцию традиционного (воздушного) исполнения
  - 2) Кабельный ввод на подстанцию закрытого исполнения (ЗРУ)
  - 3) Кабельный ввод непосредственно в КРУЭ
  - 4) Кабельная вставка на ВЛ с пунктами переключения
  - 5) Кабельная вставка на ВЛ без пунктов переключения (с подключением кабеля непосредственно к проводам ВЛ)

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ $\geq 110$ кВ

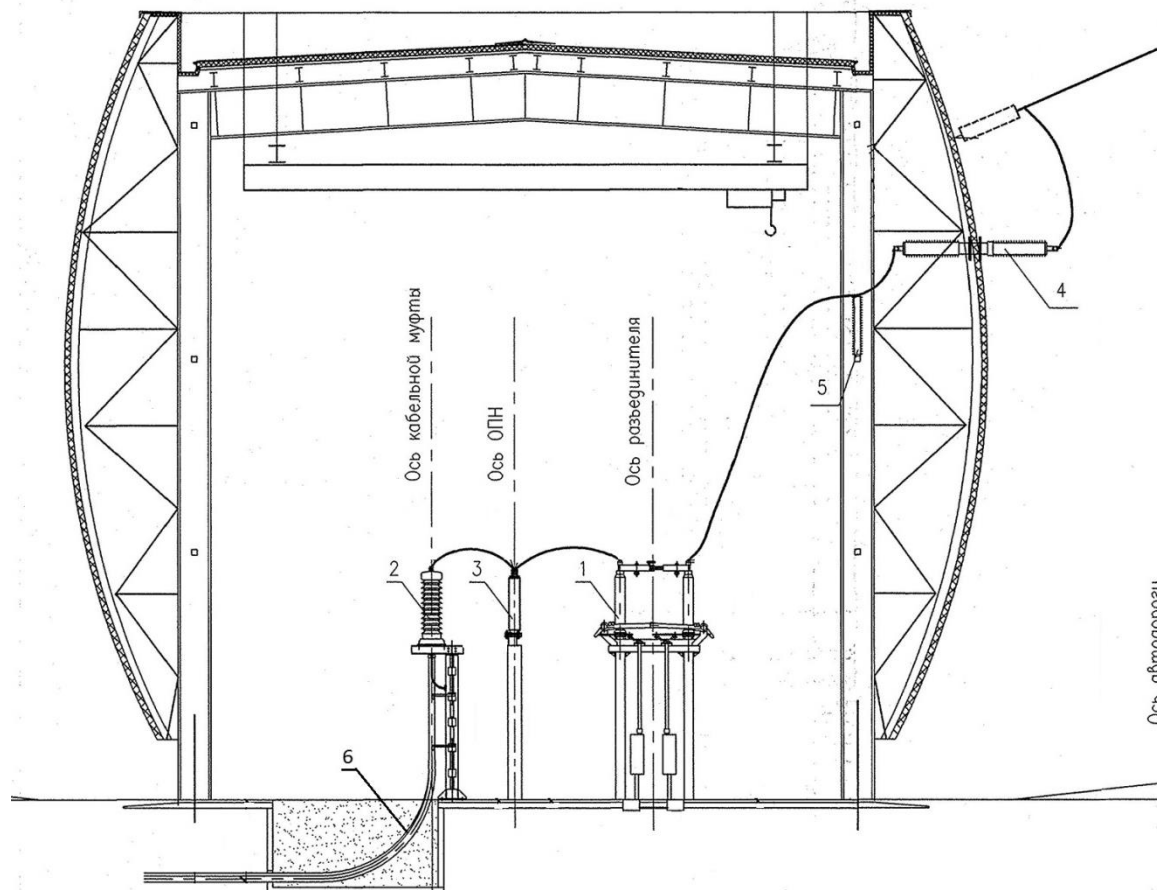
- Кабельный заход на открытый переходной пункт (пример)



1 – концевая кабельная муфта, 2 – конденсатор ВЧ связи,  
3 – ВЧ-заградитель, 4 – ОПН, 5 – кабель

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ $\geq 110$ кВ

- Кабельный заход на закрытый переходной пункт (пример)

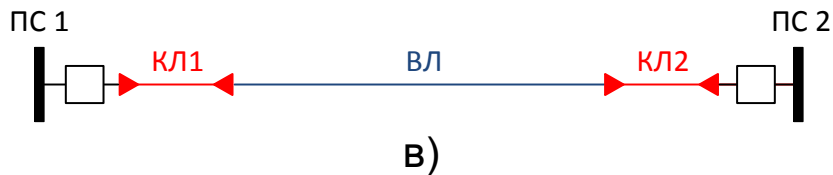
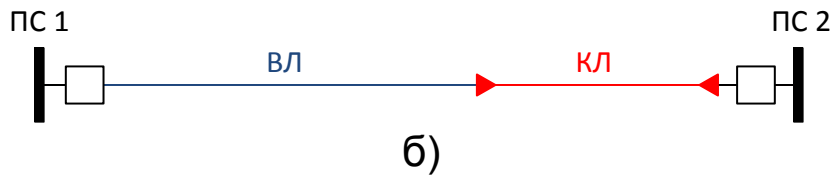
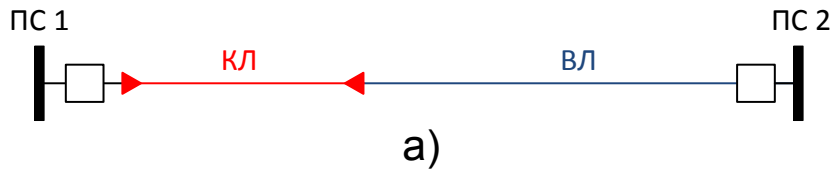


1 – разъединитель, 2 – концевая кабельная муфта, 3 – ограничитель перенапряжений, 4 – линейный ввод, 6 – кабель

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ $\geq 110$ кВ

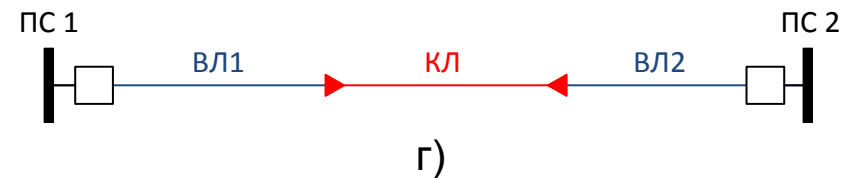
- Конфигурации КВЛ по количеству и расположению кабельных участков

Заходы кабелем на подстанцию



а), б) – один кабельный заход  
в) – несколько кабельных заходов

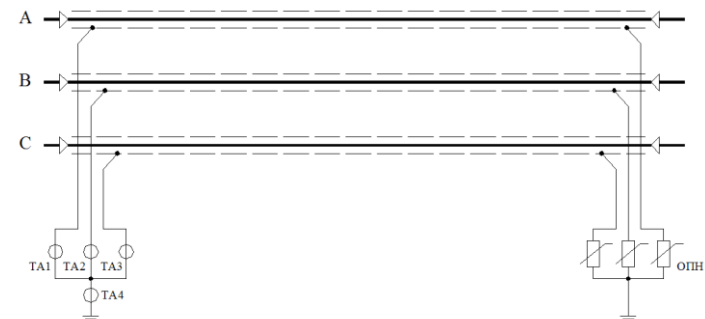
Удаленные от подстанций участки КЛ



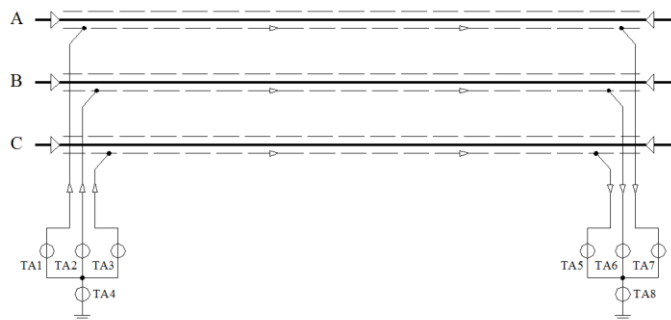
г) – один удаленный кабельный участок  
д) – несколько удаленных кабельных участков

# АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ $\geq 110$ кВ

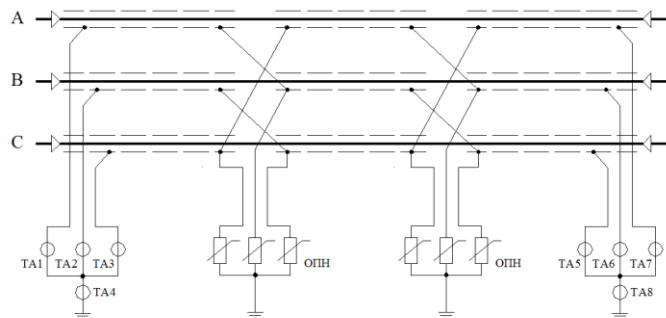
## ➤ Варианты заземления экранов



одностороннее заземление экрана



двустороннее заземление экрана



транспозиция экранов

# СТАТИСТИКА ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ( по данным СИГРЭ)

		Сшитый полиэтилен - XLPE(AC)			Кабель с масляной изоляцией - SCOF CABLES (AC)		
<b>А. Частота внутренних повреждений</b>		<b>60-219кВ</b>	<b>220-500кВ</b>	<b>ВСЕ НАПРЯЖ.</b>	<b>60-219кВ</b>	<b>220-500кВ</b>	<b>ВСЕ НАПРЯЖ.</b>
Кабель	Частота отказов [повр./год на 100 км]	0.027	0.067	0.030	0.014	0.107	0.041
Соед. муфты	Частота отказов [повр./год на 100 шт]	0.005	0.026	0.005	0.002	0.010	0.004
Конц. муфты	Частота отказов [повр./год на 100 шт]	0.006	0.032	0.007	0.005	0.015	0.009
<b>В. Частота внешних повреждений</b>		<b>60-219кВ</b>	<b>220-500кВ</b>	<b>ВСЕ НАПРЯЖ.</b>	<b>60-219кВ</b>	<b>220-500кВ</b>	<b>ВСЕ НАПРЯЖ.</b>
Кабель	Частота отказов [повр./год на 100 км]	0.057	0.067	0.058	0.095	0.141	0.108
Соед. муфты	Частота отказов [повр./год на 100 шт]	0.002	0.022	0.003	0.002	0.004	0.002
Конц. муфты	Частота отказов [повр./год на 100 шт]	0.005	0.018	0.006	0.009	0.013	0.010
<b>С. Общая частота повреждений</b>		<b>60-219кВ</b>	<b>220-500кВ</b>	<b>ВСЕ НАПРЯЖ.</b>	<b>60-219кВ</b>	<b>220-500кВ</b>	<b>ВСЕ НАПРЯЖ.</b>
Кабель	Частота отказов [повр./год на 100 км]	0.085	0.133	0.088	0.109	0.248	0.149
Соед. муфты	Частота отказов [повр./год на 100 шт]	0.007	0.048	0.008	0.004	0.014	0.006
Конц. муфты	Частота отказов [повр./год на 100 шт]	0.011	0.050	0.013	0.014	0.028	0.019

## ВЫВОДЫ:

- кабельные линии напряжением 220-500 кВ повреждаются чаще, чем кабельные линии напряжением 60-220 кВ;
- наиболее часто повреждаются концевые муфты по сравнению с соединительными муфтами

# НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: ПУЭ

## Требования ПУЭ:

П. 3.3.2. ПУЭ .... Должно предусматриваться автоматическое повторное включение: воздушных и смешанных (кабельно-воздушных) линий всех типов напряжением выше 1 кВ. Отказ от применения АПВ должен быть в каждом отдельном случае обоснован.

Вопрос о применении АПВ на кабельных линиях 110 кВ и выше должен решаться при проектировании в каждом отдельном случае с учетом конкретных условий.

## Письмо ОАО «СО ЕЭС» № Б41 – II – 2 -19 -7496 от 19.06.2014

.... Для исключения противоречий в части необходимости организации АПВ на КВЛ 110 кВ и выше ОАО «СО ЕЭС» будет включать следующее требование в направляемые на согласование задания на проектирование нового строительства (расширения, реконструкции, технического перевооружения. Модернизации) объектов электросетевого комплекса, принадлежащих ОАО «ФСК ЕЭС»: «Для КВЛ определить и выполнить решения по селективному выявлению КЗ на кабельном участке ЛЭП для запрета АПВ».

# НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ: СО ЕЭС, ФСК ЕЭС

## Протокол заочного заседания Технического совета ОАО «ФСК ЕЭС» № 3

1. В целях упорядочения применения АПВ на ЛЭП 110 кВ и выше выполненных полностью или частично кабелями с СПЭ изоляцией принять следующие технические решения:

1.1. АПВ не применять на ЛЭП 110 кВ и выше выполненных полностью в кабельном исполнении.

1.2. АПВ не применять на смешанных (кабельно-воздушных) ЛЭП 110кВ и выше с наличием по трассе кабельных участков (вставок) без подтверждения их термической стойкости при воздействии тока КЗ максимальной величины и продолжительности.

1.3. АПВ Применять на ЛЭП 110 кВ и выше имеющих только кабельные заходы распределительные устройства электрических подстанций не выходящие за их территорию при подтверждении термической стойкости кабелей под воздействием тока КЗ максимальной величины и продолжительности.

1.4. АПВ не применять на ЛЭП 110 кВ и выше, имеющих кабельные заходы в распределительные устройства электрических подстанций (в том числе КРУЭ) выходящие за их территорию при невозможности технической реализации отдельной ступени ДЗ для запрета АПВ от всех видов КЗ на кабельном участке и без подтверждения термической стойкости кабелей при воздействии тока КЗ максимальной величины и продолжительности.

### ПРОТОКОЛ

технического совещания представителей

ОАО «СО ЕЭС», ПАО «Россети», ПАО «ФСК ЕЭС»

15.09.2015 г.

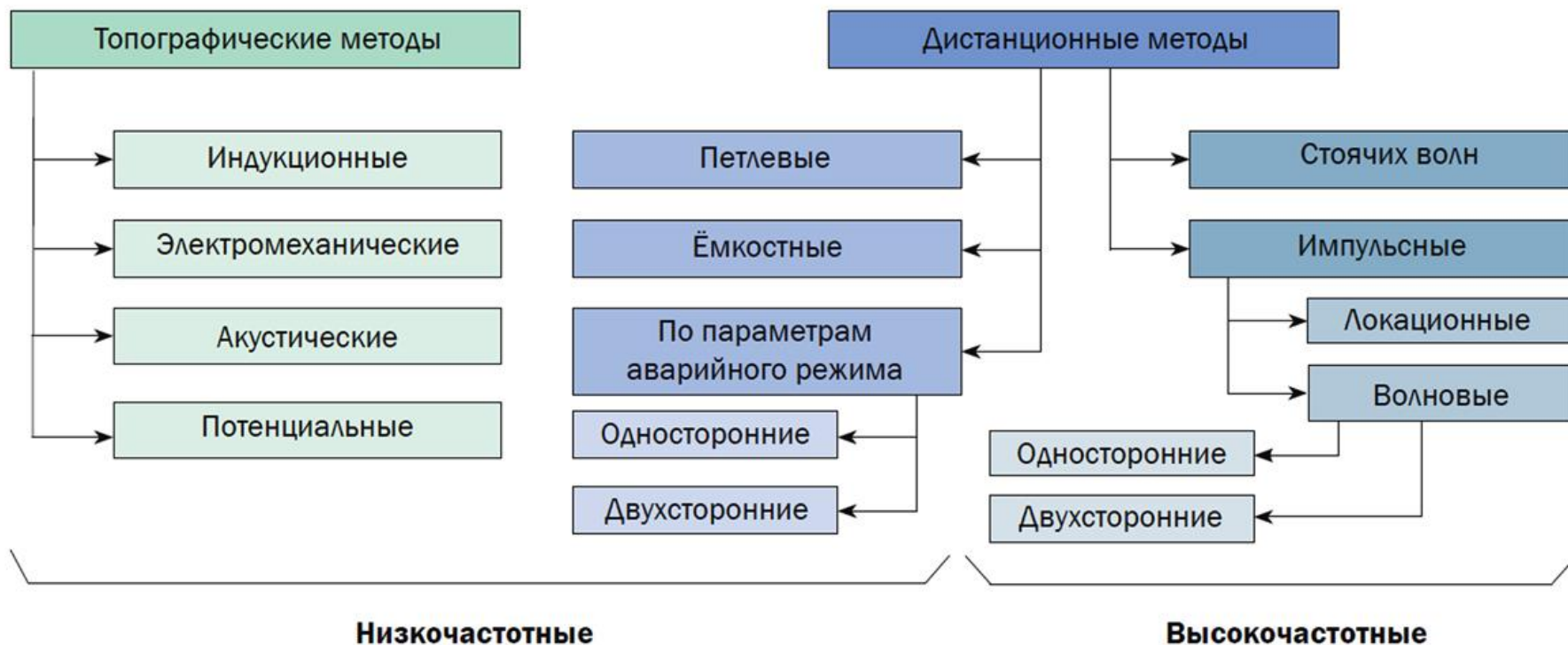
г. Москва

1. На объектах электросетевого хозяйства ДЗО ПАО «Россети» применять АПВ КВЛ 35 кВ и выше, если кабельные участки используются только для захода КВЛ в КРУЭ.

2. В иных случаях, кроме указанных в п.1 решений вопроса настоящего протокола, использовать АПВ КВЛ 35 кВ и выше при отсутствии на них кабельных участков с непосредственным соприкосновением кабелей разных фаз. Наличие на кабельном участке транспозиционных муфт не оказывает влияния на применение АПВ.

3. Для КВЛ 35 кВ и выше, указанных в п. 1 и п. 2 решений вопроса 5 настоящего протокола, считать нецелесообразным применение устройств РЗА для выявления КЗ на кабельных участках КВЛ при проектировании объектов ПАО «Россети».

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ЛЭП

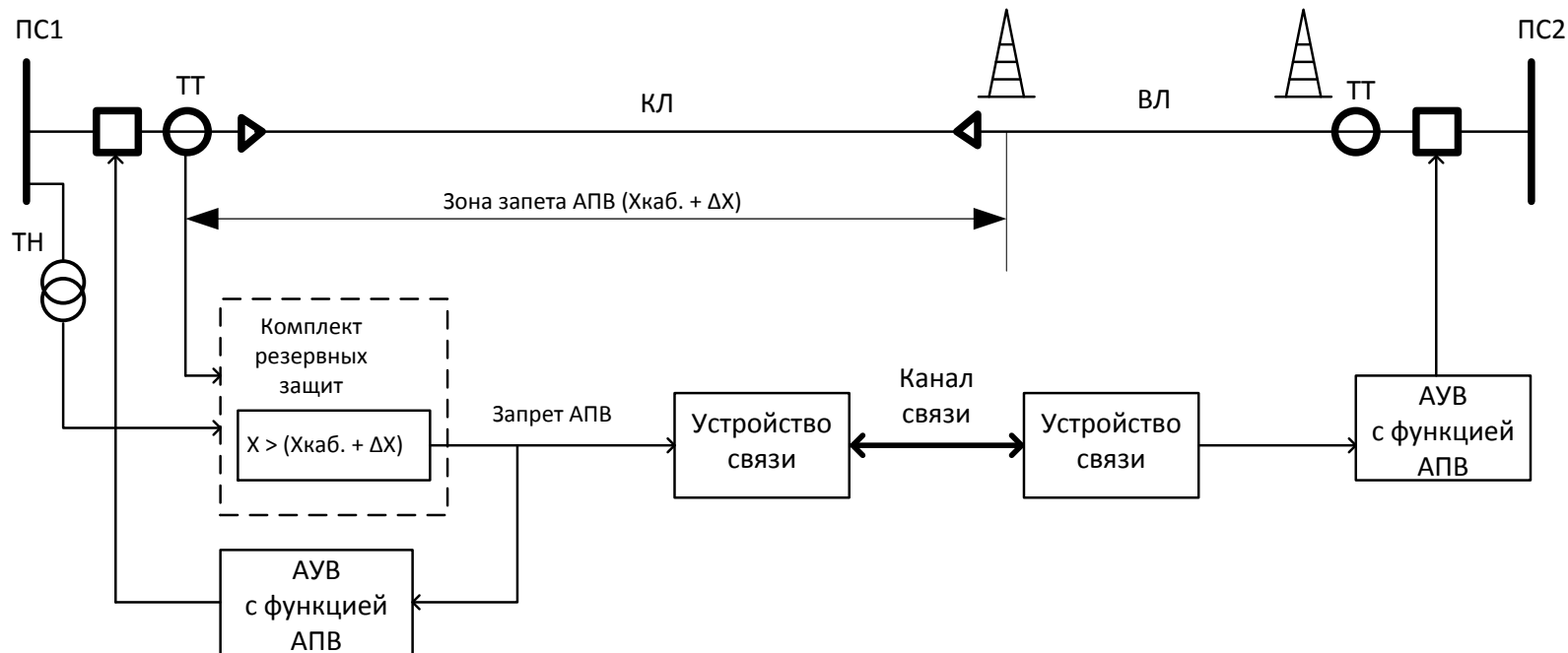


# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА КЛ

Метод	Применимость для селективного АПВ	Недостатки
Топографические методы 1. Акустический 2. Индукционный 3. Потенциальный 4. Электромеханический	Не пригодны	Необходимость выезда персонала на трассу ЛЭП и невозможность реализации запрета на АПВ в период бестоковой паузы (0,5 – 1,0 сек)
Низкочастотные методы 5. Петлевой 6. Емкостной 7. По параметрам аварийного режима	Частично пригодны	Необходимость организации специальных измерений и невозможность реализации запрета на АПВ в период бестоковой паузы (0,5 – 1,0 сек). Недостаточная точность определения места замыкания и, как следствие, невозможность обеспечения 100% селективности запрета АПВ
ВЧ методы 8. Стоячих волн 9. Импульсная локация	Не пригодны	Необходимость организации специальных измерений и невозможность реализации запрета на АПВ в период бестоковой паузы (0,5 – 1,0 сек). Сложность аппаратуры, наличие помех, возможность ложных срабатываний. Отсутствие 100% селективности запрета АПВ
Импульсные волновые методы 10. Односторонних измерений 11. Двухсторонних измерений	Не пригодны	Недостаточная точность определения места замыкания и, как следствие, невозможность обеспечения 100% селективности запрета АПВ

# СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ САПВ НА КВЛ

- Использование измерительных органов РЗА с относительной селективностью (дистанционная защита ФФ + ФЗ, ТНЗНП)



## ПРЕИМУЩЕСТВА:

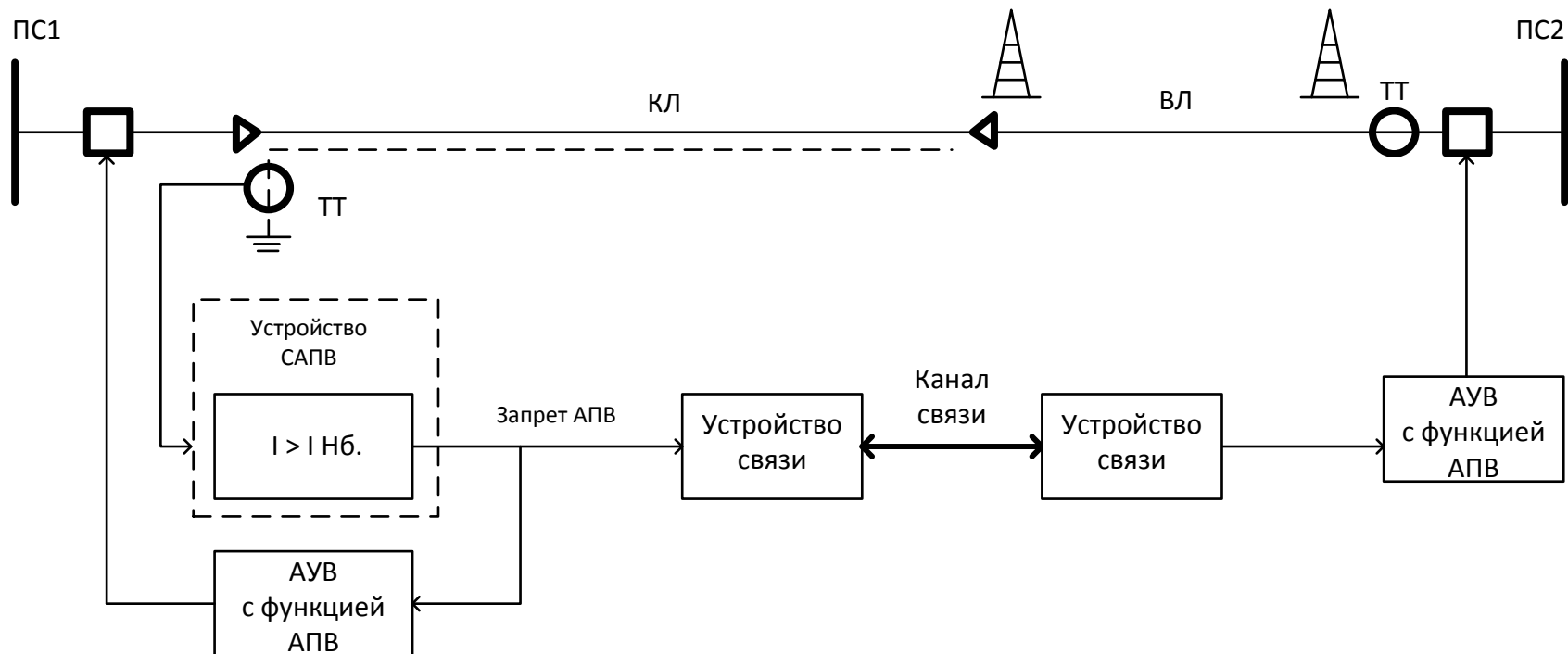
- не требуется установки дополнительных устройств;
- простота реализации

## НЕДОСТАТКИ:

- не всегда реализуемо (недостаток ступеней ДЗ РЗА, например);
- не выполняется требование независимости функций автоматики и релейной защиты;
- неэффективность (расчет уставок + точность работы ступеней на минимальных уставках)

# СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ САПВ НА КВЛ

## ➤ Контроль тока в экранах кабеля



### ПРЕИМУЩЕСТВА:

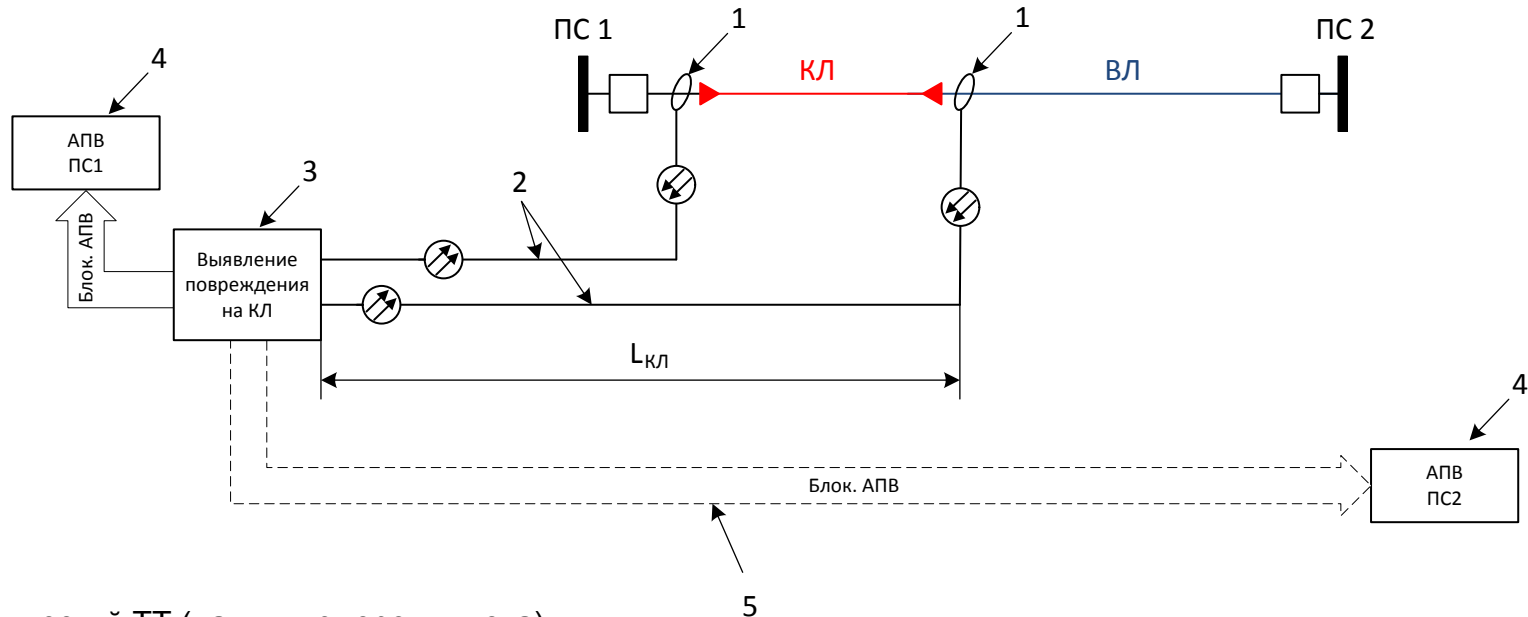
- выполняется требование независимости функций автоматики и релейной защиты;
- простота реализации

### НЕДОСТАТКИ:

- не всегда реализуемо (при транспозиции экранов и заземлении экранов с двух сторон неприменимо);
- Вопросы организации питания при нахождении КЛ посередине ЛЭП

# Дифференциальный принцип выявления повреждения на КЛ

## Заходы кабелем на подстанцию



1 – оптический ТТ (датчик измерения тока)

2 – оптические линии связи

3 – устройство обнаружения повреждения на кабельной линии

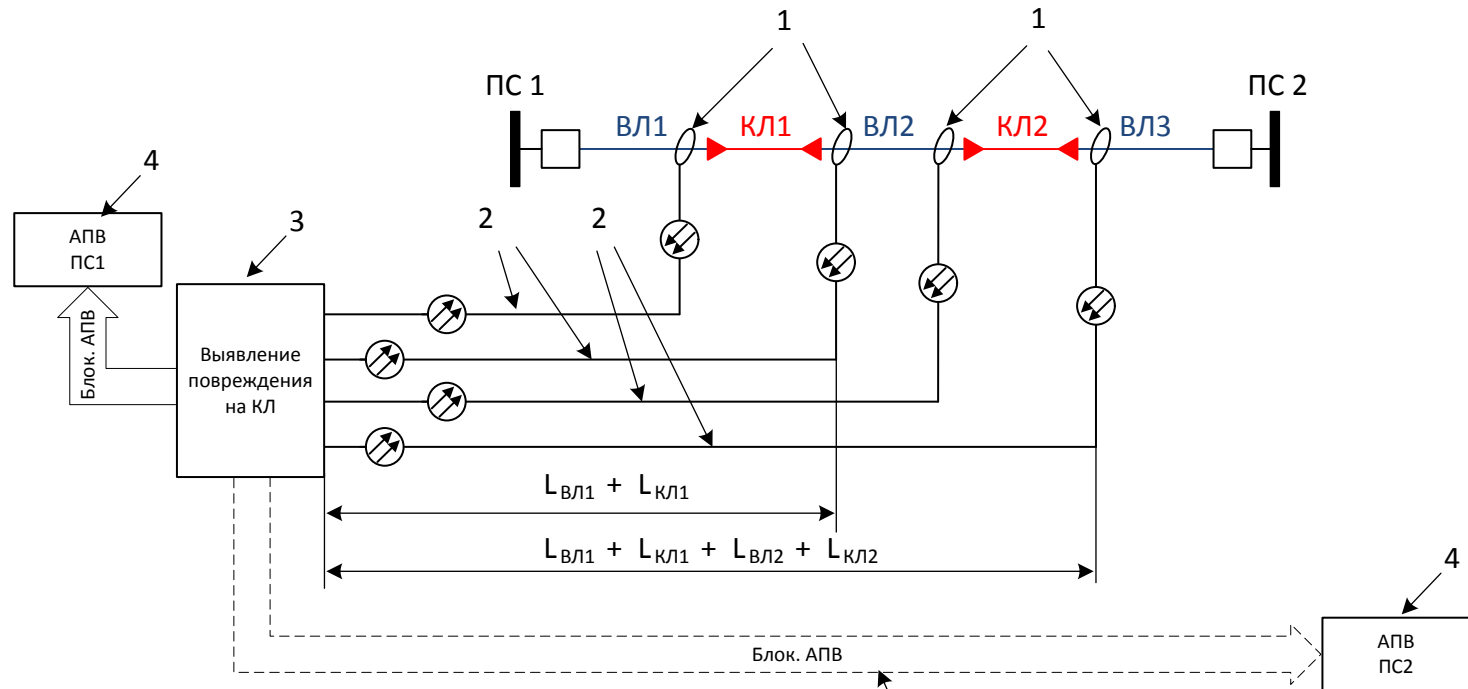
4 – устройство с функцией АПВ выключателя на подстанциях

5 – передача блокирующего сигнала по каналу связи на противоположную сторону ЛЭП

**Преимущество – селективность, недостаток – сложность и дороговизна, а также ограничения по длине  $L_{кЛ}$  (не более 3 км, стандартно – не более 1 км)**

# Дифференциальный принцип выявления повреждения на КЛ

Удаленный от подстанции участок КЛ



1 – оптический ТТ (датчик измерения тока)

2 – оптические линии связи

3 – устройство обнаружения повреждения на кабельной линии

4 – устройство с функцией АПВ выключателя на подстанциях

5 – передача блокирующего сигнала по каналу связи на противоположную сторону ЛЭП

**Преимущество – селективность, недостаток – сложность, дороговизна и трудность реализации, а также те же ограничения по суммарной длине  $L_{кл} + L_{вл}$  ( не более 3 км, стандартно – не более 1 км )**

587

**Short Circuit Protection of Circuits  
with Mixed Conductor Technologies  
in Transmission Networks**

**Working Group  
B5.23**

**June 2014**



ОТЧЕТ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ СИГРЭ

**Защита от коротких  
замыканий цепей со  
смешанной проводниковой  
технологией в сетях  
передачи**

**(Бельгия, Испания, Португалия, США,  
Германия, Швеция, Франция, Дания,  
Канада, Норвегия, Австралия)**

# КОНЦЕПЦИЯ АПВ КВЛ

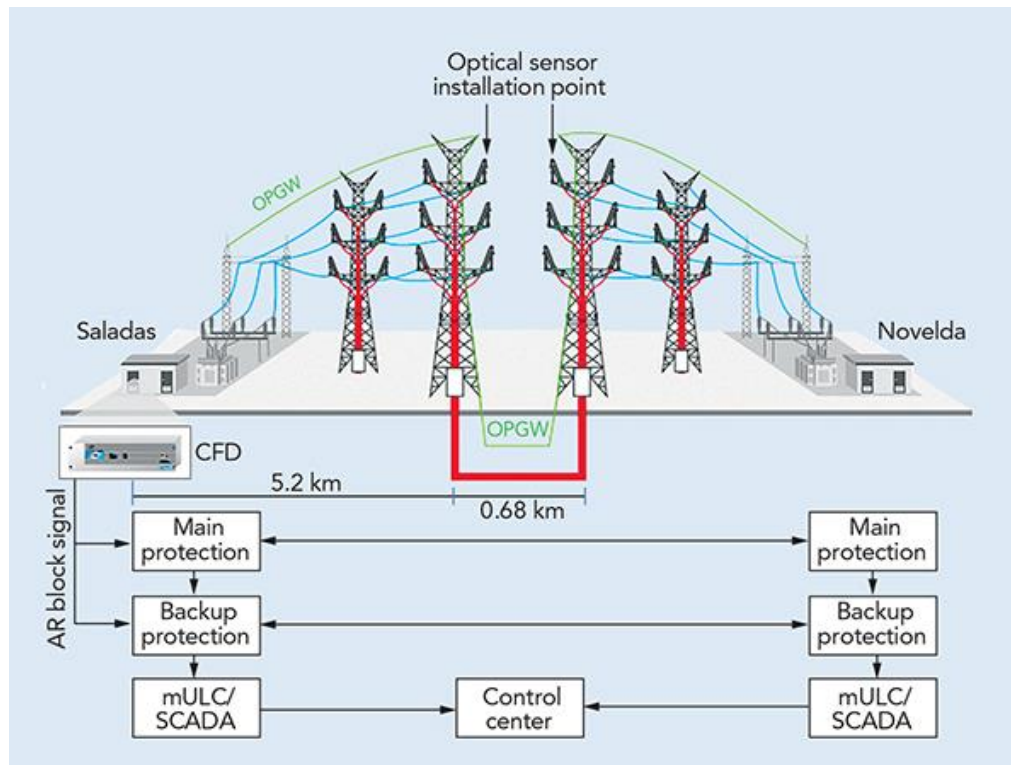
СТРАНА	РАЗРЕШЕНО по всей длине	ЗАПРЕЩЕНО по всей длине	РАЗР на ВЛ	ЗАПР на КЛ
Бельгия				+
Швеция				+
Испания	+			+
Германия	+			+
Канада				+
Дания	+			+
Норвегия		+		
Португалия				+
Австралия				+

# СПОСОБ БЛОКИРОВАНИЯ АПВ

СТРАНА	Дистанционный принцип	Дифференциальный принцип (в том числе с оптическими ТТ)	Контроль величины тока в экранах
Бельгия		+	
Швеция		+	
Испания	+		
Германия		+	
Канада		+	
Дания	+	+	
Португалия		+	
Австралия	+	+	
Франция			+

# ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ

- решение ф. Artechе (Испания)

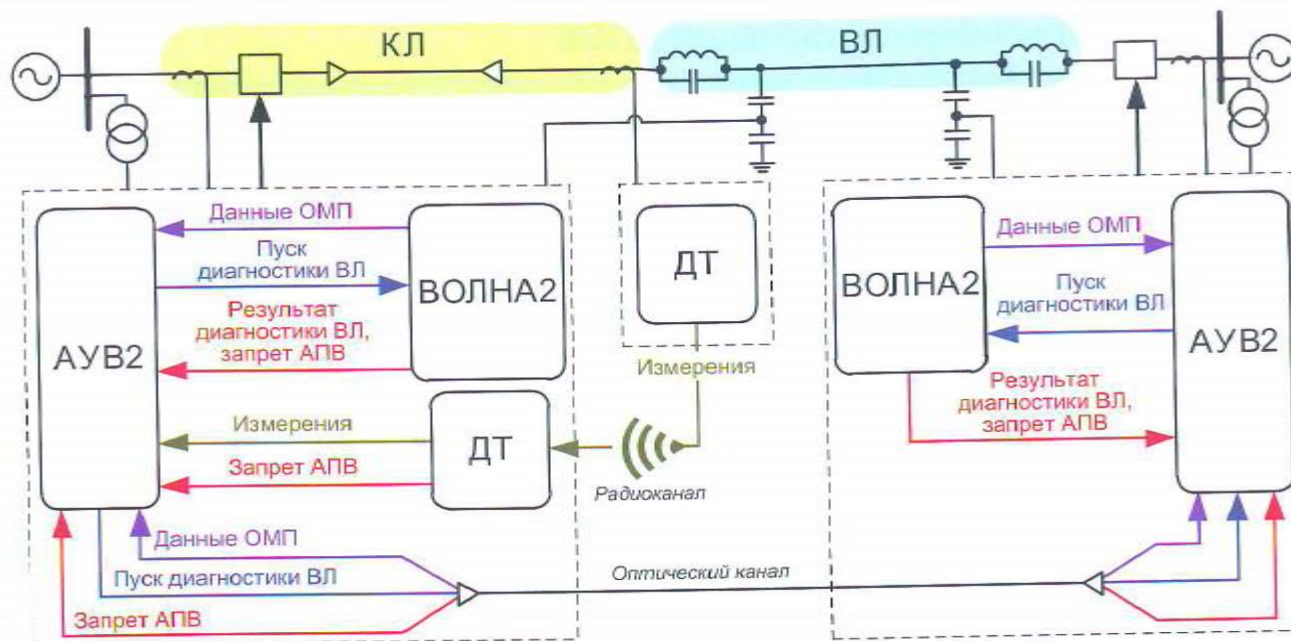


Номер патентного свидетельства:  
WO 2015/033001 A1

Использование датчиков оптических ТТ для передачи данных о фазных токах в начале и конце кабельной вставки по ВОЛС к цифровому блоку Недостатки: высокая стоимость, ограниченное расстояние от датчиков оптических ТТ до цифрового блока.

# ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ

## ➤ САПВ ф. РЕЛЕМАТИКА (г. Чебоксары)

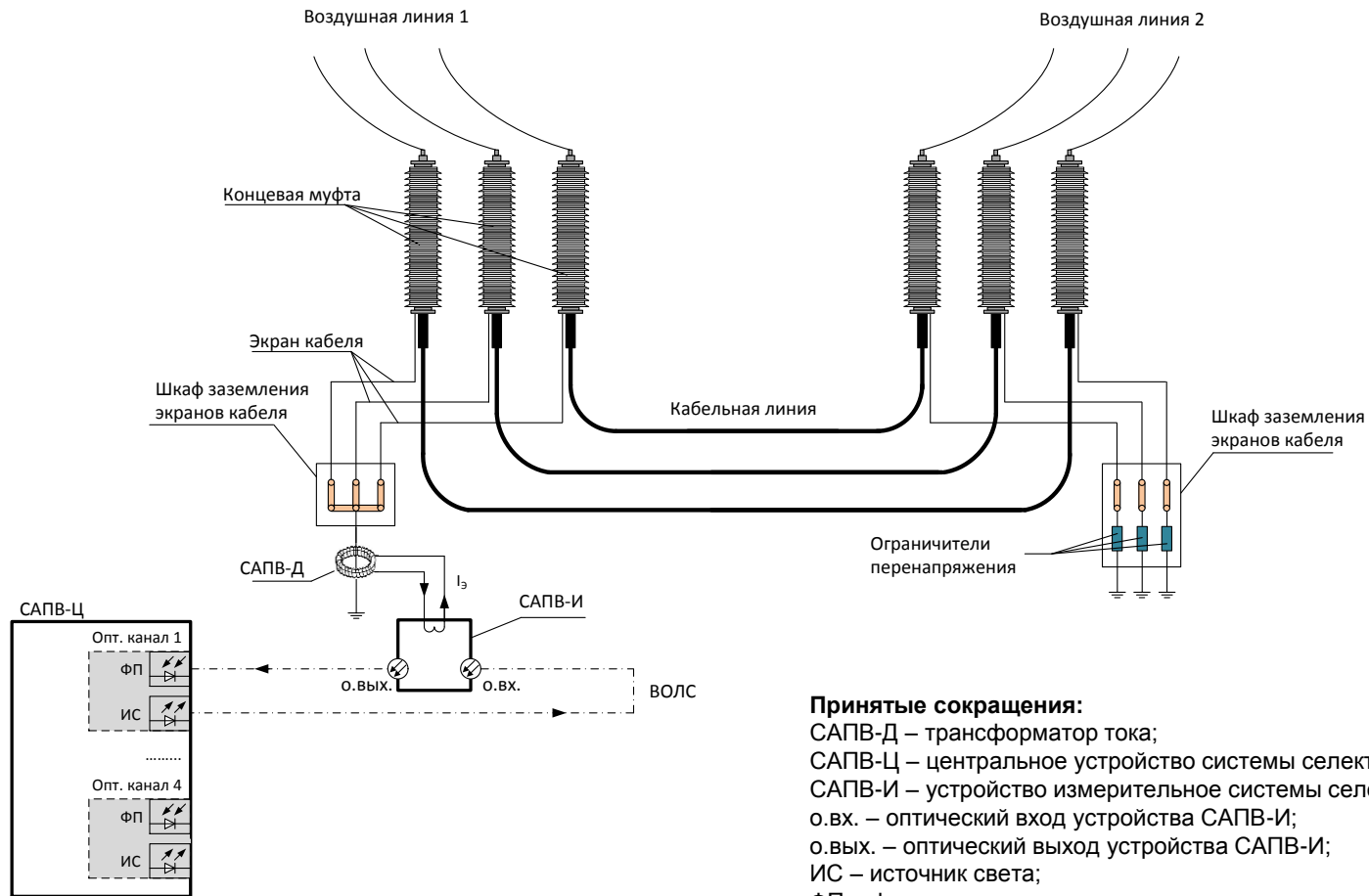


АУВ – автоматика управления выключателем;

ДТ – датчик тока;

ВОЛНА – алгоритм определения места повреждения на волновом принципе

# Принятое решение: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ САПВ КВЛ



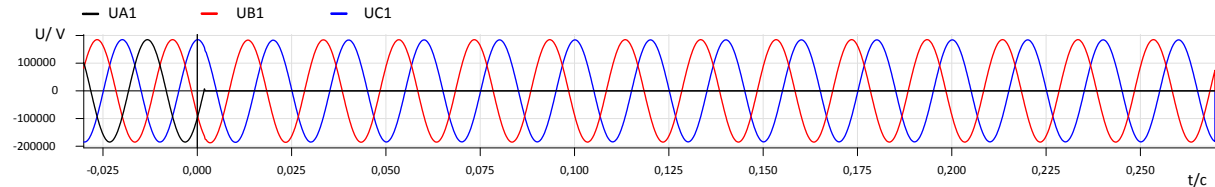
## Принятые сокращения:

САПВ-Д – трансформатор тока;  
САПВ-Ц – центральное устройство системы селективного АПВ;  
САПВ-И – устройство измерительное системы селективного АПВ;  
о.вх. – оптический вход устройства САПВ-И;  
о.вых. – оптический выход устройства САПВ-И;  
ИС – источник света;  
ФП – фотоприемник;  
Опт. канал – оптический канал устройства САПВ-Ц;  
ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи.

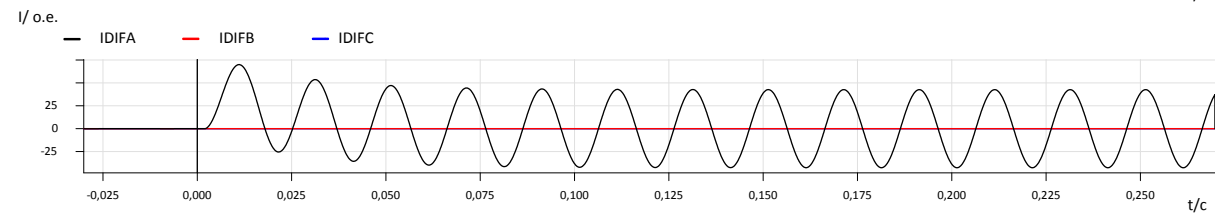
➤ одностороннее заземление экранов кабеля

# ВНУТРЕННЕЕ КЗ

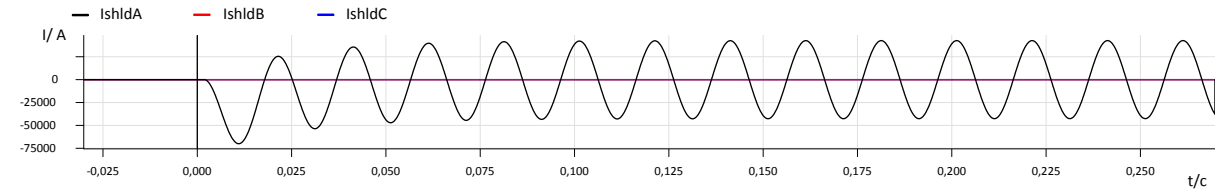
Напряжения фаз



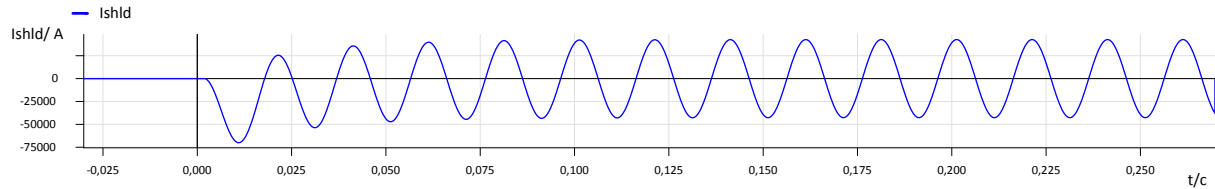
Дифференциальный ток кабельного участка



Токи экранов фаз кабельного участка



Суммарный ток, стекающий с экранов

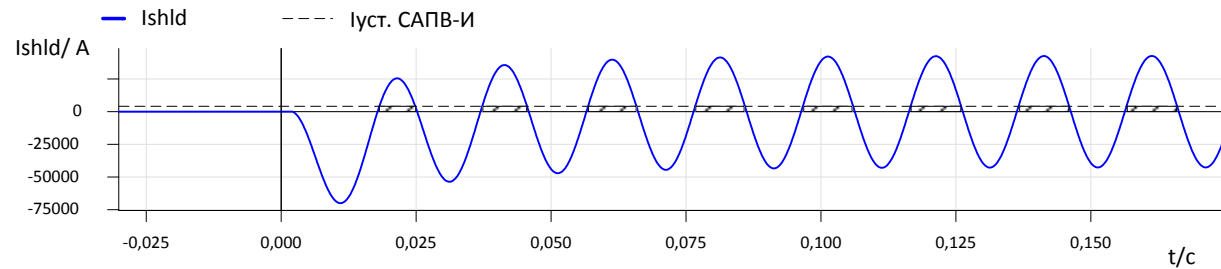


**ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЭКРАН НА КАБЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ**

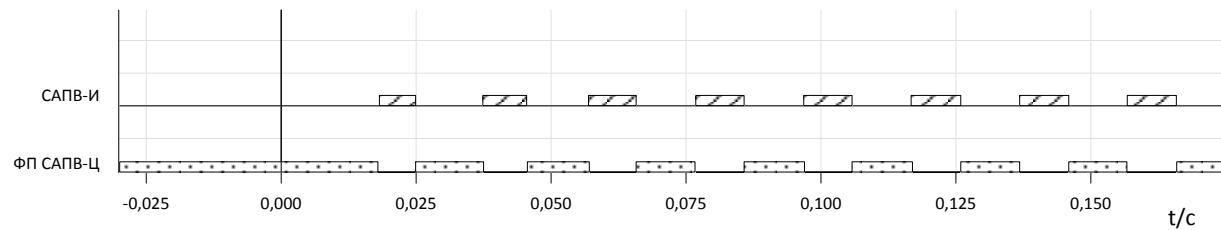
➤ одностороннее заземление экранов кабеля

# ВНУТРЕННЕЕ КЗ

Суммарный ток, стекающий с экранов и уставка САПВ-И



Управляющий импульс САПВ-И и сигнал на входе фотоприемника

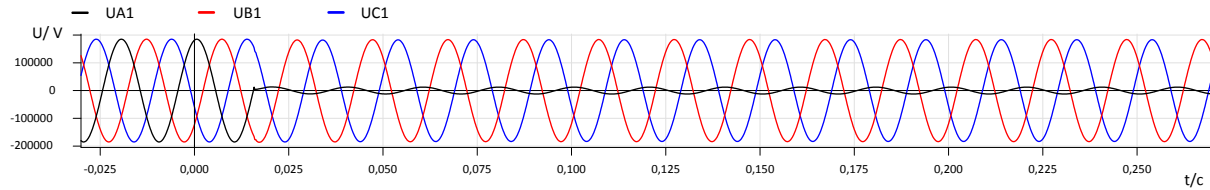


**ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЭКРАН НА КАБЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ**

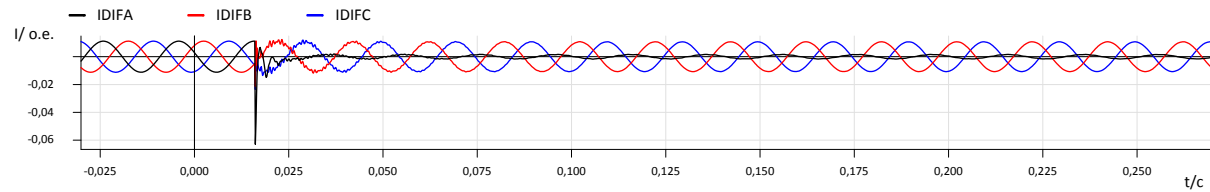
➤ одностороннее заземление экранов кабеля

# ВНЕШНЕЕ КЗ

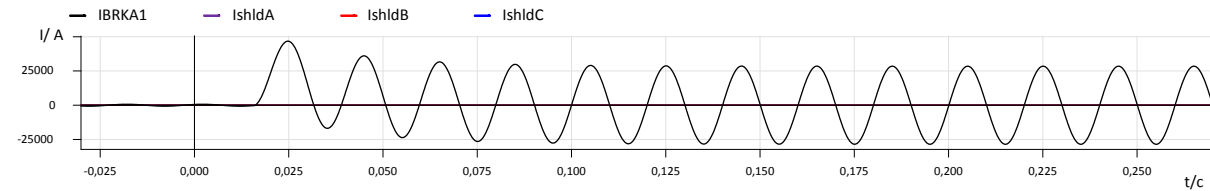
Напряжения фаз



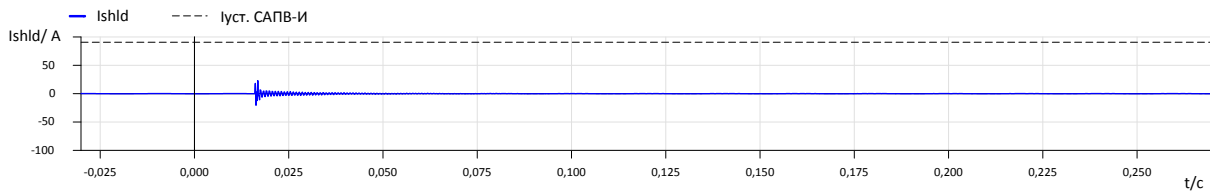
Дифференциальный ток кабельного участка



Токи экранов фаз кабельного участка



Суммарный ток, стекающий с экранов

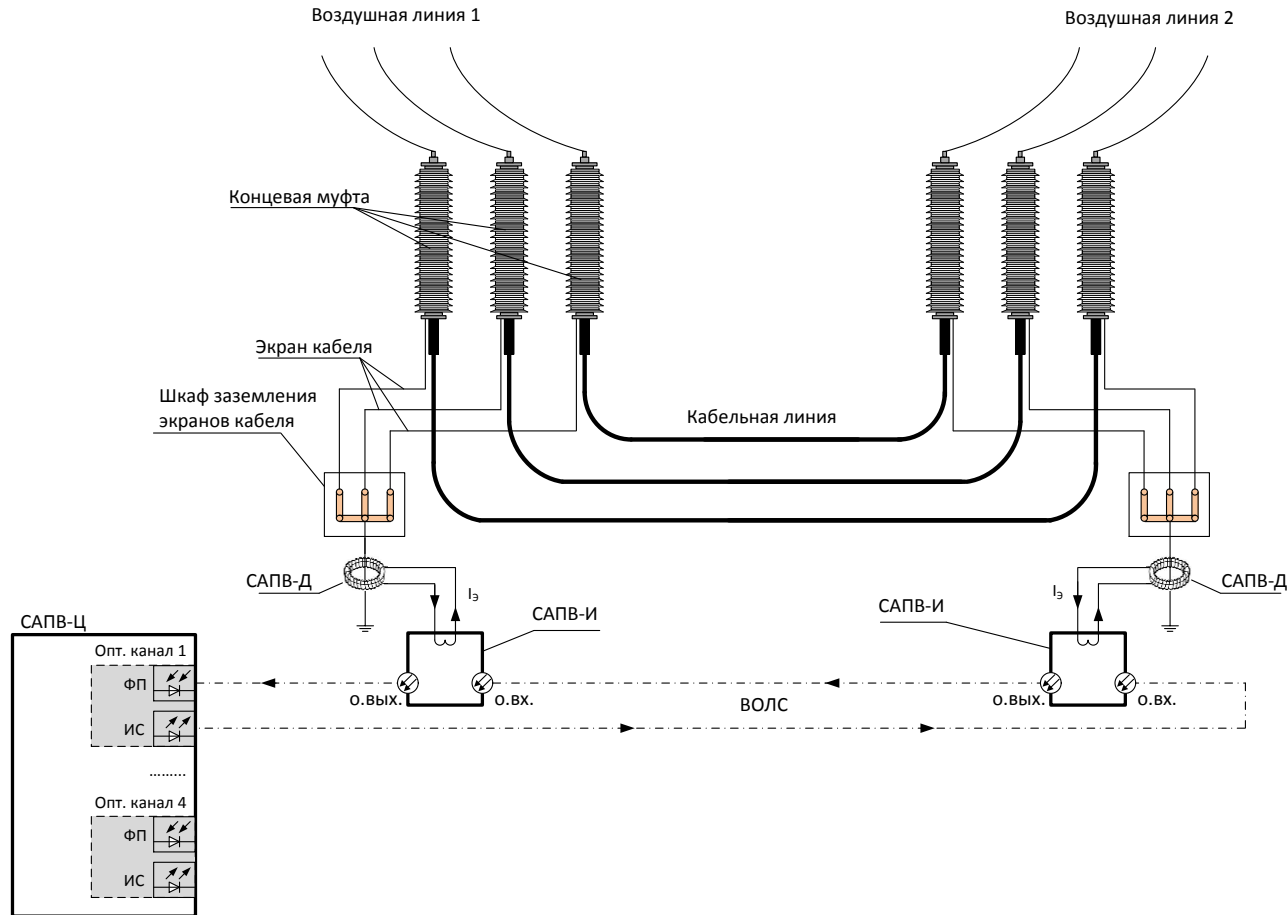


Примечание: IBRKA1 – ток фазы А (для сравнения с токами экранов)

## ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЗЕМЛЯ НА ВОЗДУШНОМ УЧАСТКЕ

➤ одностороннее заземление экранов кабеля

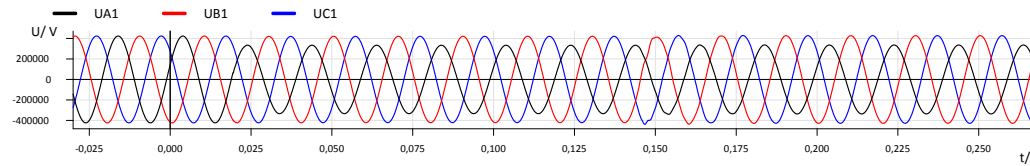
# Принятое решение: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ САПВ КВЛ



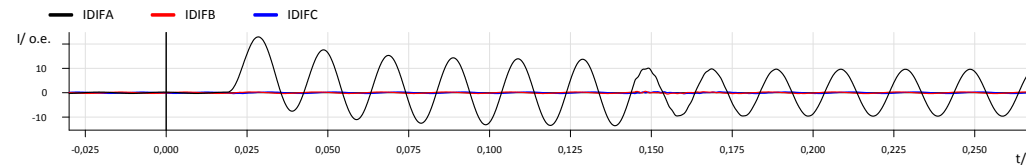
➤ двустороннее заземление экранов кабеля

# ВНУТРЕННЕЕ КЗ

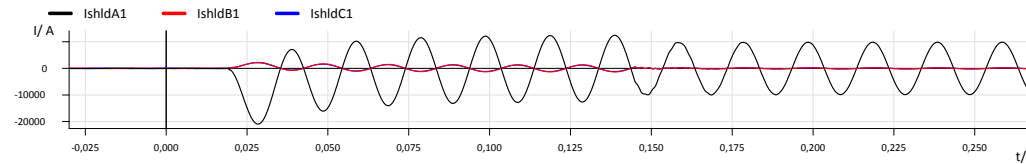
Напряжения фаз



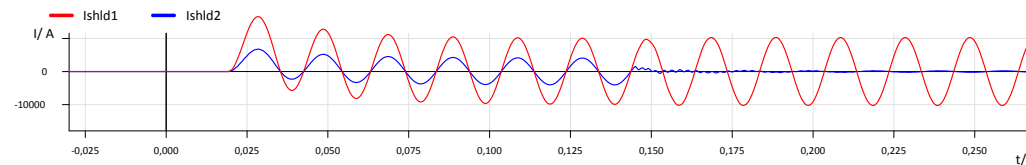
Дифференциальный ток кабельного участка



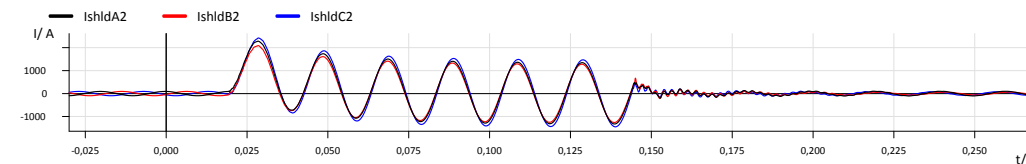
Токи экранов фаз кабельного участка  
Сторона 1



Суммарный ток, стекающий с экранов  
Сторона 1 и 2



Токи экранов фаз кабельного участка  
Сторона 2

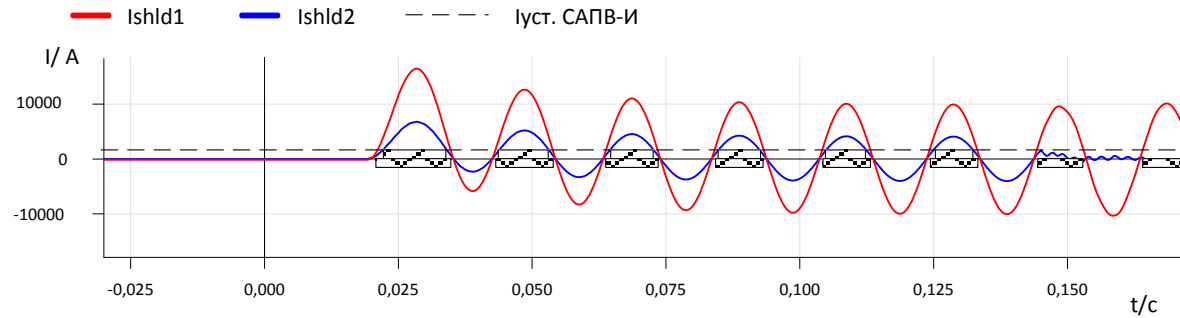


**ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЭКРАН НА КАБЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ**

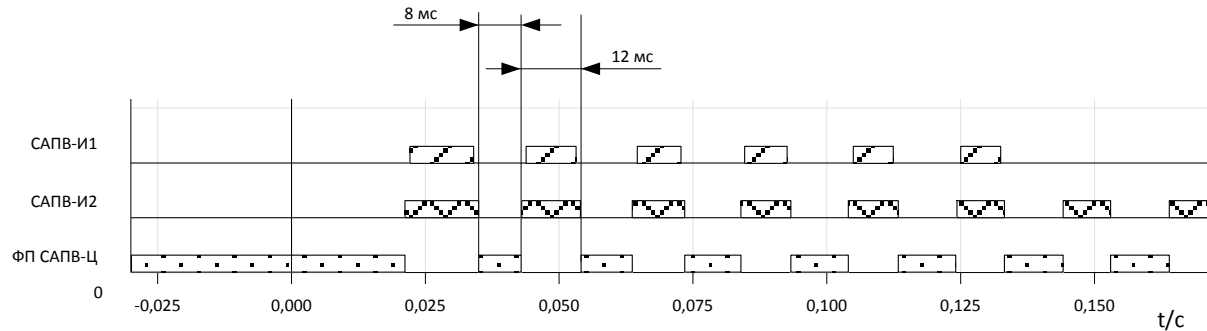
➤ двустороннее заземление экранов кабеля

# ВНУТРЕННЕЕ КЗ


Суммарный ток, стекающий с экранов Сторона 1 и 2




Управляющий импульс САПВ-И1, САПВ-И2 и сигнал на входе фотоприемника





## Обозначения:

 - сигнал прерывания оптического сигнала от САПВ-И1

 - сигнал прерывания оптического сигнала от САПВ-И2

 - результирующий оптический сигнал на входе фотоприемника

 Ishld2 - суммарный ток экранов с правого конца кабельного участка

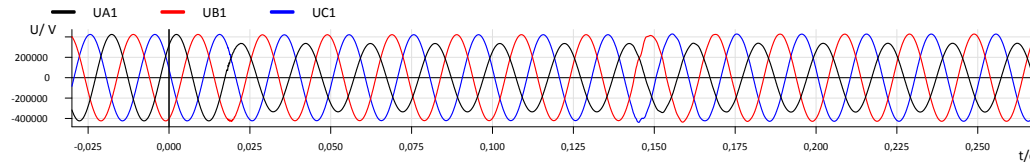
 Ishld1 - суммарный ток экранов с левого конца кабельного участка

## ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЭКРАН НА КАБЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ

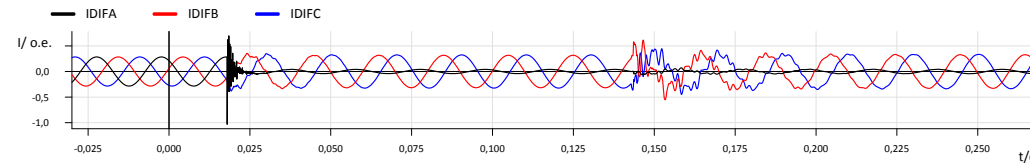
➤ двустороннее заземление экранов кабеля

# ВНЕШНЕЕ КЗ

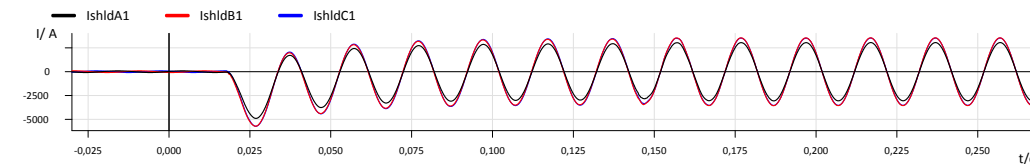
Напряжения фаз



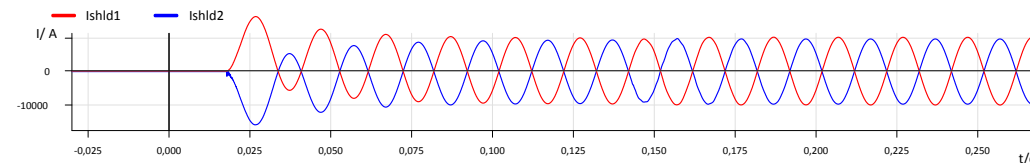
Дифференциальный ток кабельного участка



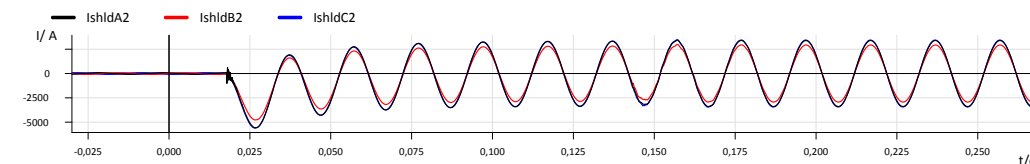
Токи экранов фаз кабельного участка  
Сторона 1



Суммарный ток, стекающий с экранов  
Сторона 1 и 2



Токи экранов фаз кабельного участка  
Сторона 2

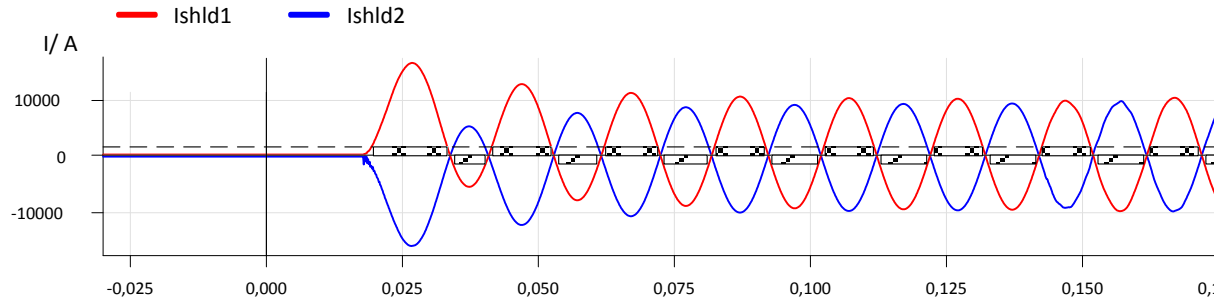


**ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЗЕМЛЯ НА ВОЗДУШНОМ УЧАСТКЕ**

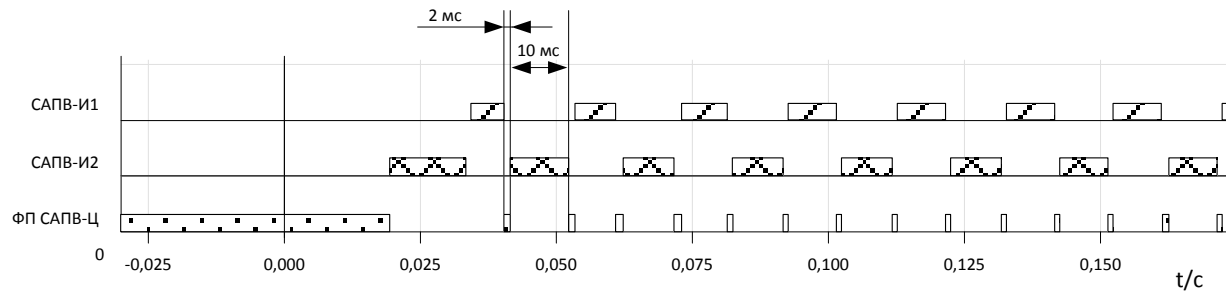
➤ двустороннее заземление экранов кабеля

# ВНЕШНЕЕ КЗ


Суммарный ток,  
стекающий с экранов  
Сторона 1 и 2



Управляющий импульс  
САПВ-И1, САПВ-И2 и  
сигнал на входе  
фотоприемника



Обозначения:

 - сигнал прерывания оптического сигнала от САПВ-И1

 - сигнал прерывания оптического сигнала от САПВ-И2

 - результирующий оптический сигнал на входе фотоприемника

**ПОВРЕЖДЕНИЕ ФАЗА-ЗЕМЛЯ НА ВОЗДУШНОМ УЧАСТКЕ**

➤ двустороннее заземление экранов кабеля

# ЦЕНТРАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО (САПВ-Ц) – ВИД СПЕРЕДИ



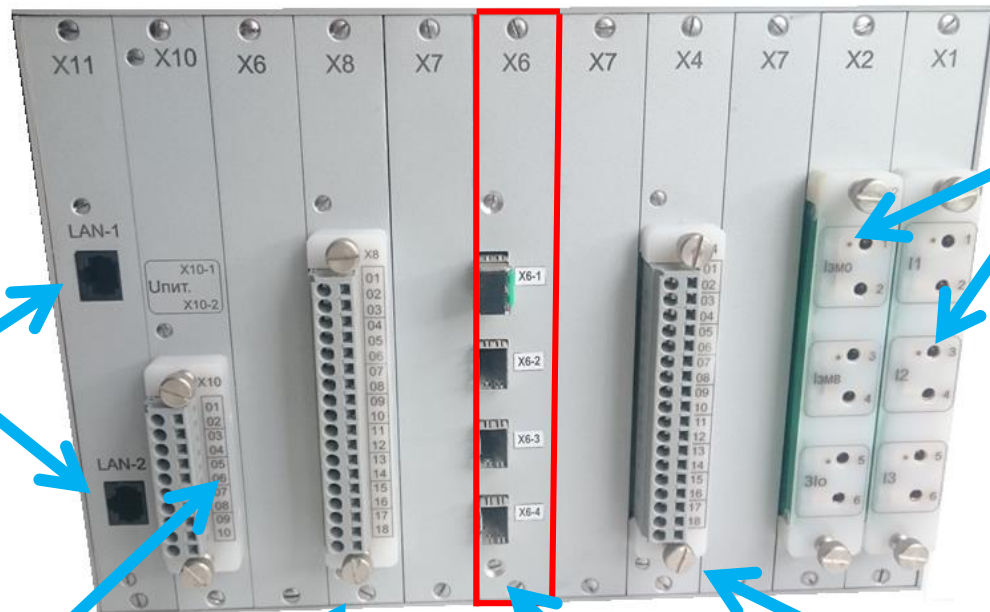
Порт связи USB  
для автоматизированной  
выгрузки данных

Светодиоды общей  
сигнализации

Дополнительный порт  
связи Ethernet

Сенсорный дисплей  
для настройки и анализа  
результатов работы

# ЦЕНТРАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО (САПВ-Ц) – ВИД СЗАДИ



Порты связи Ethernet

Блок питания

Модуль дискретных выходов

Модуль приема-передачи оптического сигнала (ППОС)

Модули аналоговых каналов

Модуль дискретных входов

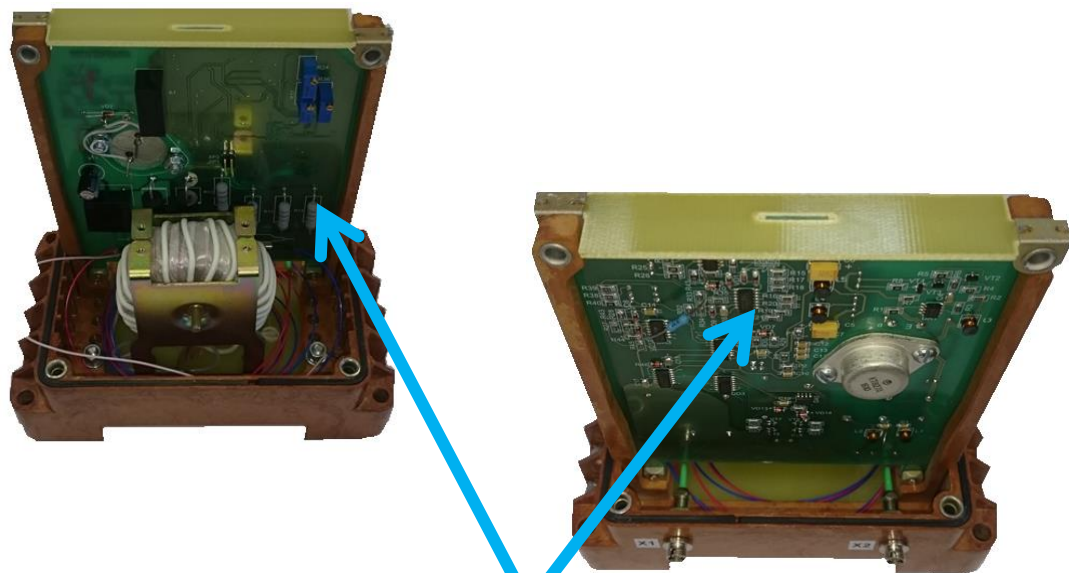
# БЛОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ САПВ-И

ВИД В СБОРЕ



Разъемы для подключения  
оптического кабеля

ВИД СО СНЯТЫМИ ЗАЩИТНЫМИ КОЖУХАМИ



Печатная плата с электронными компонентами

# ДАТЧИК ТОКА САПВ-Д



# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ САПВ

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Номинальное напряжение питания САПВ-Ц, В	110 или 220
Номинальный ток САПВ-Ц, А	1 или 5 А
Номинальный ток САПВ-Д первичный/вторичный, А	2000/5, 2000/1
Номинальный первичный ток САПВ-И (уставка), А	500, 1000, 2000
Номинальная частота переменного тока, Гц	50
Количество входов тока САПВ-И	До 4
Количество оптических портов САПВ-И	До 4
Оптический бюджет ( половина длины оптической петли) , км	до 60
Минимальная длительность КЗ, мс	40
Количество дискретных входов/выходов	9/11
Количество портов связи с АСУ ТП/протокол	2/МЭК 61850
Масса устройств САПВ-Д/САПВ-И/САПВ/Ц, кг	9/3/6

# ОПИСАНИЕ ЭКРАНОВ САПВ-И

## Главный экран

РИТМ (комплектация САПВ)		
ТЕРМИНАЛ РИТМ		23-05-2017 09:37:34
	САПВ	ВОЛС
САПВ 1	ВКЛ	НЕТ
САПВ 2	ВКЛ	ИСПР
САПВ 3	ВКЛ	НЕИСПР
САПВ 4	ОТКЛ	

Меню

# ОПИСАНИЕ ЭКРАНОВ САПВ-И

## Состояние функций

РИТМ (комплектация САПВ)

ТЕРМИНАЛ РИТМ  
Меню - Раздел релейщика - Состояние функций САПВ

САПВ 1    **САПВ 2**    САПВ 3    САПВ 4

**СРАБАТЫВАНИЕ**

**ПУСК**

**ГОТОВ**

5.0  
Среднее значение паузы  $T_p$ , мс

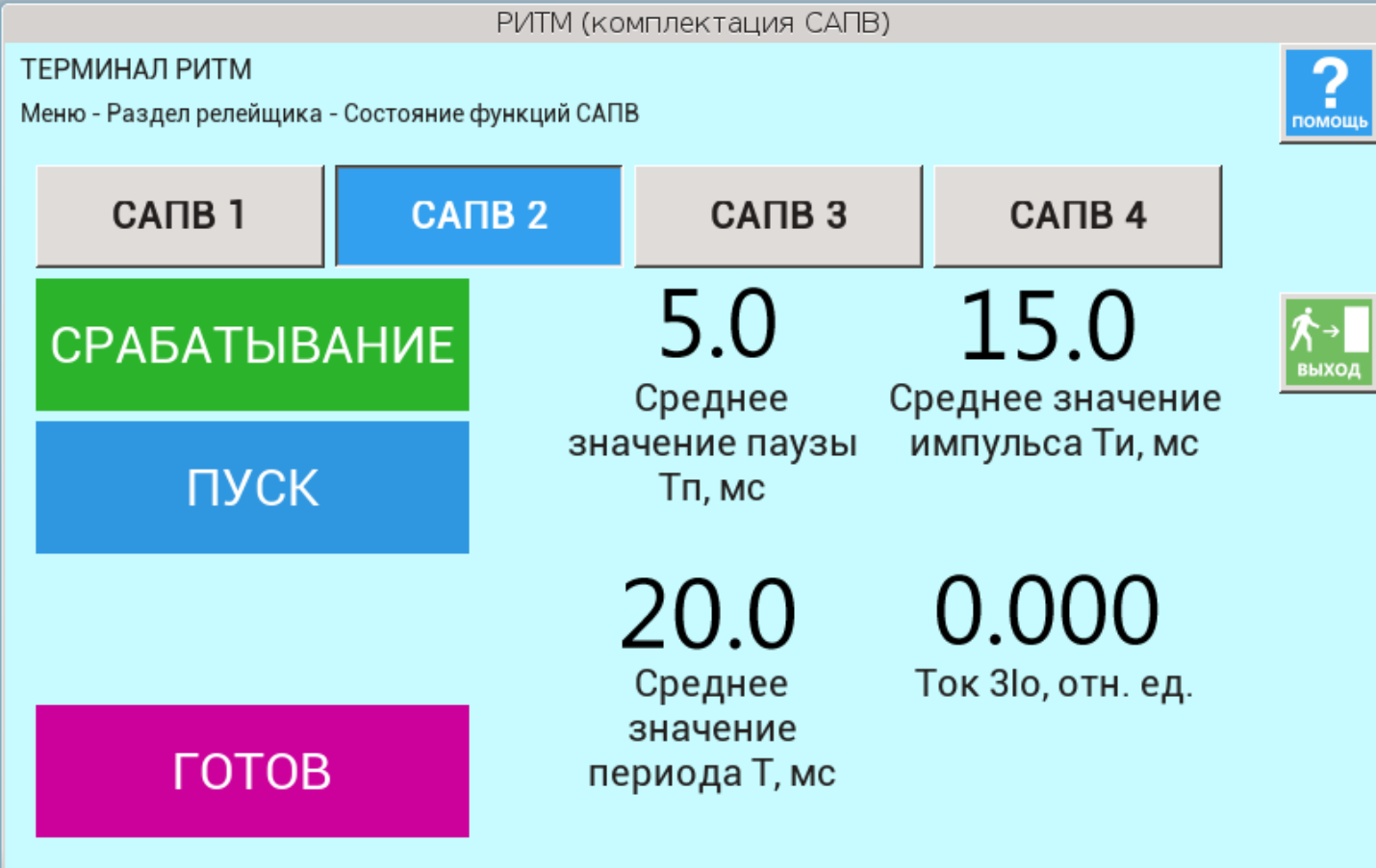
15.0  
Среднее значение импульса  $T_i$ , мс

20.0  
Среднее значение периода  $T$ , мс

0.000  
Ток  $I_{lo}$ , отн. ед.

ПОМОЩЬ

ВЫХОД



# ОПИСАНИЕ ЭКРАНОВ САПВ-И

## Параметрирование

РИТМ (комплектация САПВ)

ТЕРМИНАЛ РИТМ

Меню - Раздел релейщика - Изменение уставок - САПВ 1

ПАРАМЕТР	ТЕКУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	НОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ
САПВ1	выведена	введена
Токовый канал САПВ1	Токовый канал 11	
Ток срабатывания, отн. ед.	0	
Тип заземления экранов	двухстороннее	
Режим работы	по току	
Минимальная длительность пауз, мс	0	

СОХРАНИТЬ

ВЫЙТИ БЕЗ СОХРАНЕНИЯ

ПОМОЩЬ

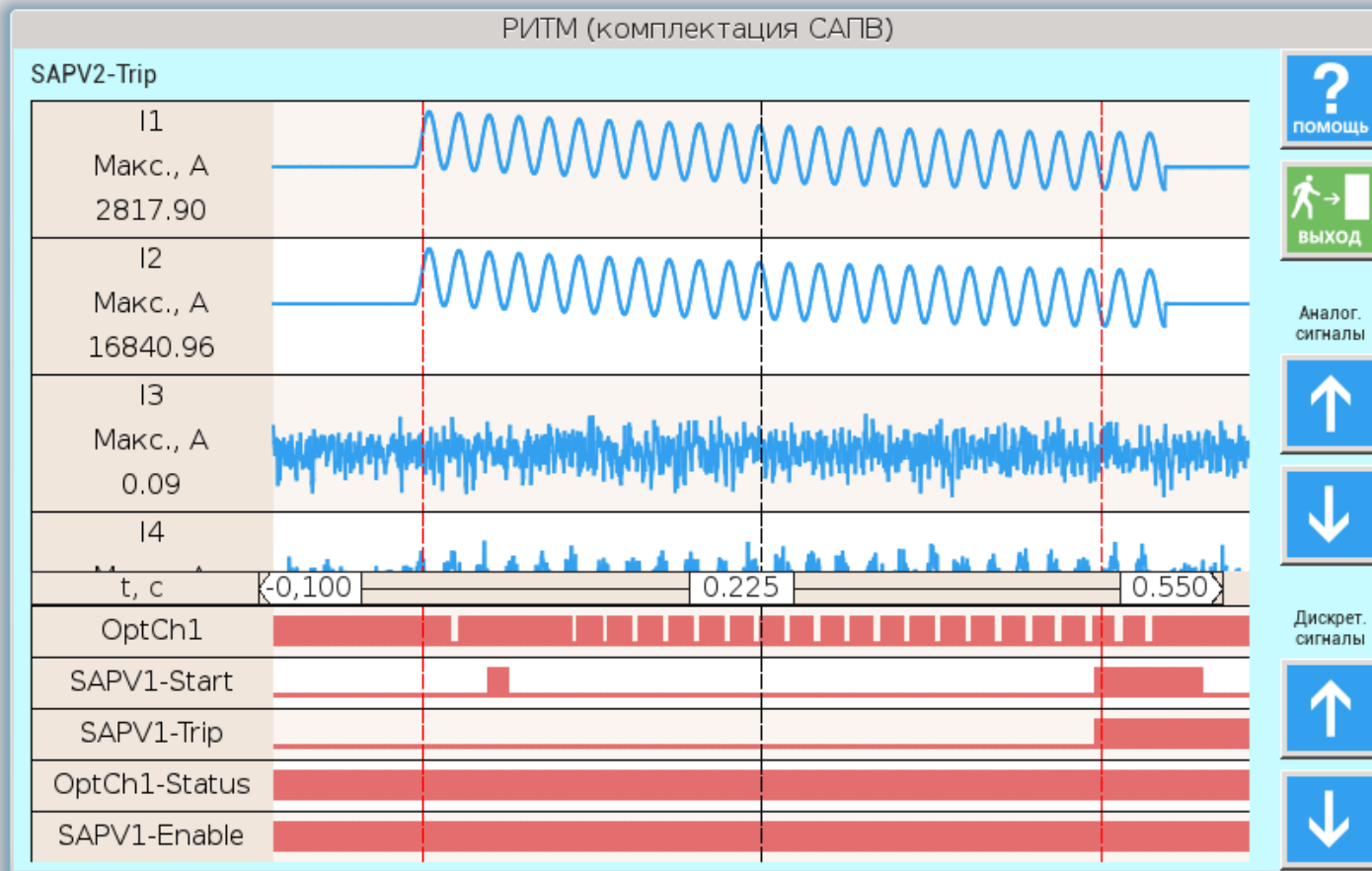
↑

↓

← ВВОД

# ОПИСАНИЕ ЭКРАНОВ САПВ-И

## Осциллограммы



# РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1 Описание и работа.....	4
1.1 Назначение системы.....	4
1.2 Технические характеристики.....	6
1.3 Комплектность.....	10
1.4 Устройство и работа.....	10
1.5 Устройство и работа составных частей системы.....	19
1.6 Маркировка.....	25
1.7 Упаковка.....	26
2 Использование по назначению.....	27
2.1 Эксплуатационные ограничения.....	27
2.2 Подготовка системы к использованию.....	27
2.3 Возможные неисправности и методы их устранения.....	31
3 Техническое обслуживание.....	33
3.1 Общие указания.....	33
3.2 Меры безопасности.....	33
3.3 Порядок и периодичность технического обслуживания системы.....	34
3.4 Указания по ремонту.....	38
4 Хранение и транспортирование.....	38

# РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ

1. Область применения
2. Состав и работа системы
3. Технические характеристики
4. Заказ системы
5. Рекомендации по выбору параметров системы

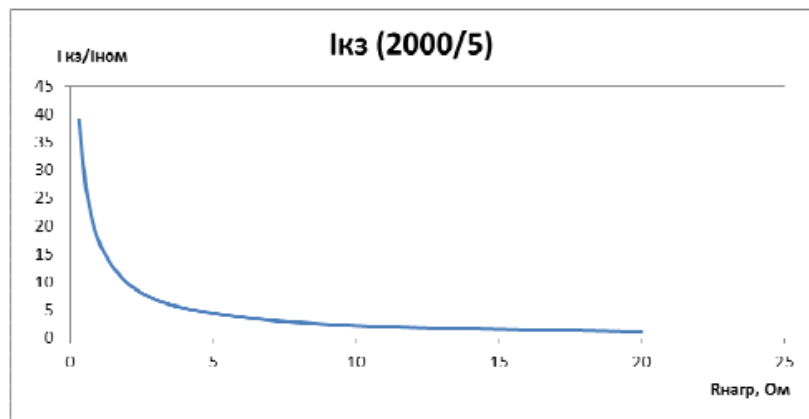
$$I_{уст} \geq 1,5 \cdot U_{ф} \cdot b_{с} \cdot L / I_{НОМ},$$

где:  $U_{ф}$  – фазное напряжение КВЛ;

$b_{с}$  – удельная емкостная проводимости между токопроводящей жилой и экраном кабеля;

$L$  – длина кабеля.

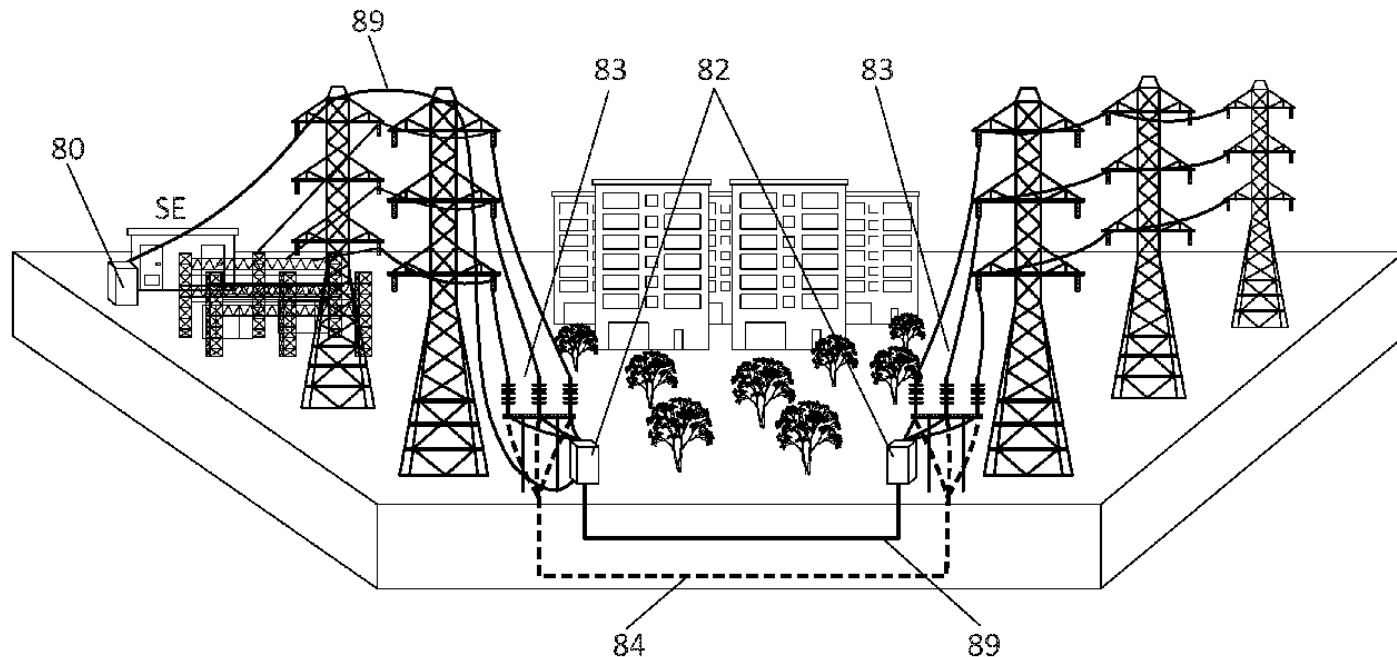
6. Рекомендации по выбору вторичной нагрузки САПВ-Д



# ПРОЕКТ ЗАЯВКИ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

## Прототип

Международная заявка WO2015/0333001 G01R 15/24 от 12.03.2015



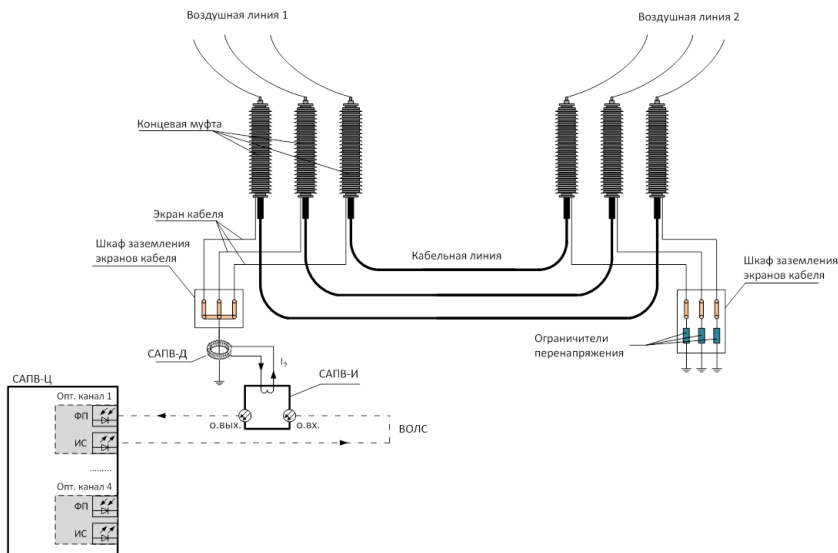
Использование датчиков (83) оптических ТТ для передачи данных о фазных токах в начале и конце кабельной вставки (84) по ВОЛС (89) к цифровому блоку (80)

Недостатки: высокая стоимость, ограниченное расстояние от датчиков до цифрового блока.

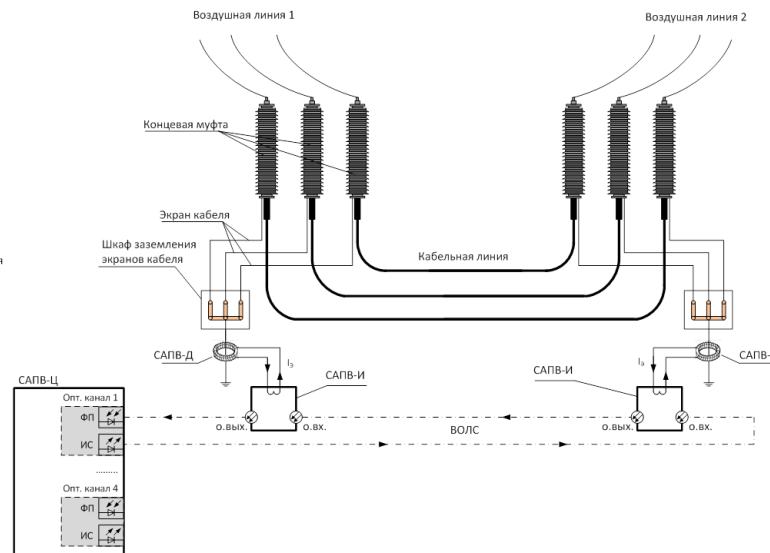
# ПРОЕКТ ЗАЯВКИ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

## Сущность изобретения

### ➤ одностороннее заземление



### ➤ двустороннее заземление



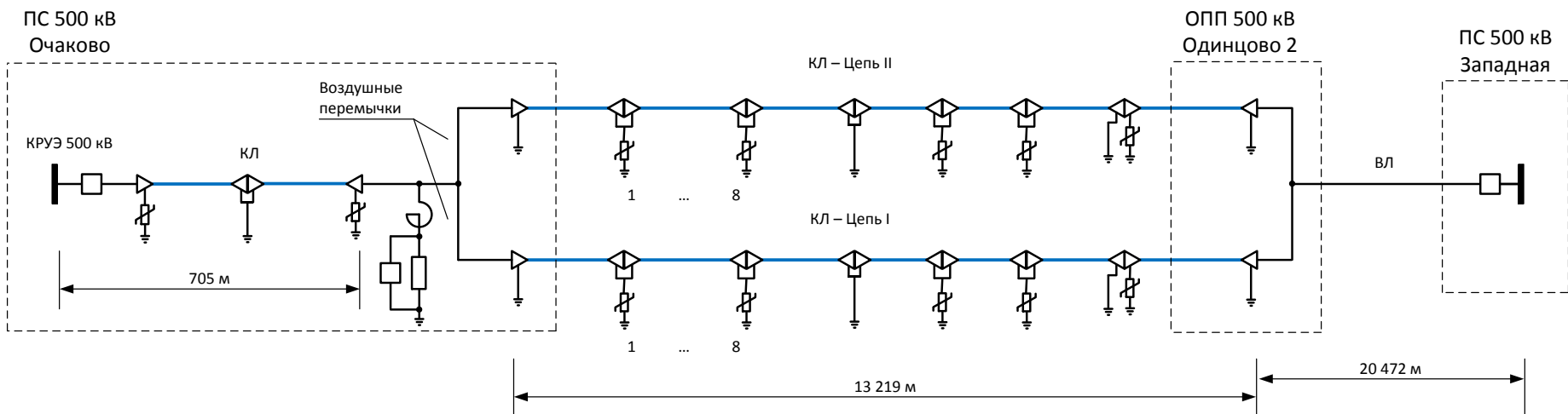
### Отличительные особенности:

- измерение токов в экранах кабеля;
- применение измерительных блоков непосредственно в месте установки ТТ с питанием от измерительных цепей

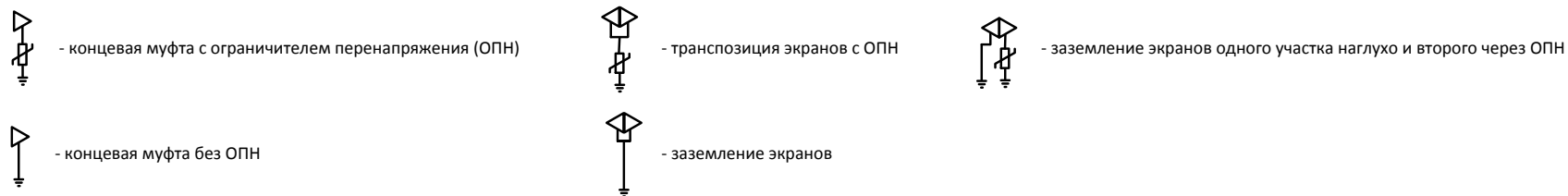
### Преимущества:

- меньшая по сравнению с аналогами стоимость;
- большее по сравнению с аналогами расстояние от центрального блока на подстанции до измерительного блока (60 км)

# СХЕМА КВЛ 500 КВ «ОЧАКОВО – ЗАПАДНАЯ»



## Обозначения:



# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА МОДЕЛИ КВЛ 500 кВ «ОЧАКОВО-ЗАПАДНАЯ»

1. Испытания показали, что система САПВ КВЛ формирует сигнал блокировки АПВ только при КЗ на кабельных участках контролируемой линии и не формирует его при КЗ на воздушных участках и внешних КЗ при всех видах включения устройства, как при одноцепном, так и двухцепном режиме работы КВЛ. Правильная работа обеспечивается при всех видах КЗ.

2. Время срабатывания системы САПВ КВЛ ( при длительности КЗ 40 мсек и измерениях на контактах выходных реле САПВ -Ц) составляет:

- при контроле по токовому каналу – от 10 до 21 мс;
- при контроле по оптическому каналу для случая двухстороннего заземления экрана кабеля – от 47 до 80 мс.

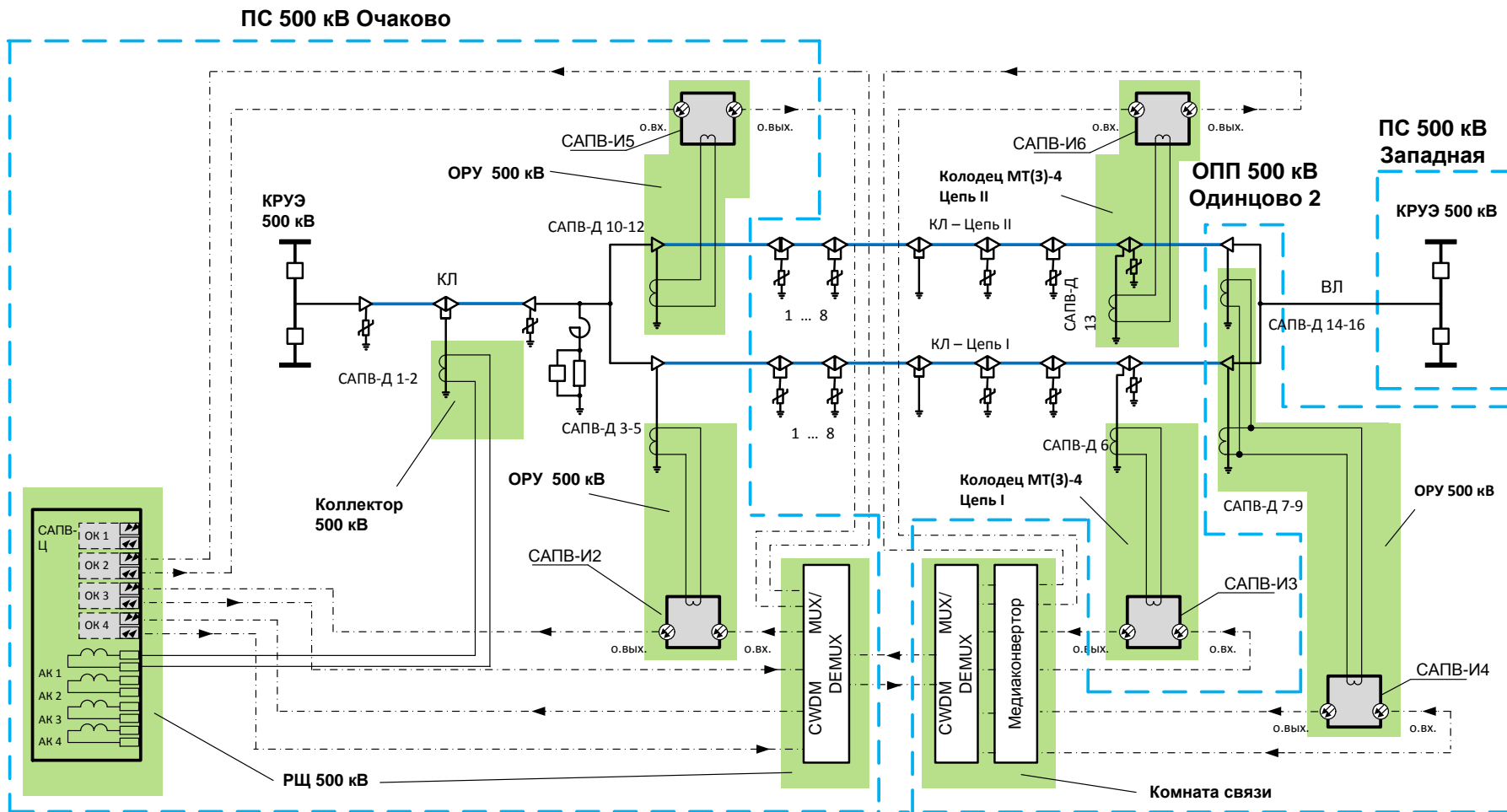
# Сведения по обследованию: анализ осциллограмм

№ п/п	Дата	Время	Тип КЗ	Время отключения КЗ со стороны ПС Очаково 500 кВ, мс	Время отключения КЗ со стороны ПС Западная 500 кВ, мс	Место КЗ	Блокирование АПВ ДА/НЕТ	Токи КЗ, кА	Время действия выключателя, мс	Примечание
1	01.02.2012	17:14:43.899	К(1), ф. С	49,0	696,4	Конц.муфта	Нет	Изап = 8; Юч = 24	Тзап = 55, Точ = 29	Каскадное действие защит. Оборудование связи в ремонте
2	01.02.2012	17:14:48.520	К(1), ф. С	-	112,8	Конц.муфта	-	Изап = 8	Тзап = 50	Опробование - АПВ
3	05.10.2012	16:36:42.658	К(3)	-	83,6	Нет данных	-	Изап = 12,0; Юч = 0	Тзап = 40, Точ =	Опробование с ПС Западная
4	07.11.2012	16:48:19.771	К(1), ф. С	50,2	90,0	Конц.муфта	Да	Изап = 8,6; Юч = 23	Тзап = 31, Точ = 23	
5	06.02.2013	13:52:26.766	К(1), ф. С	51,8	61,8	Кабель, 2000 м от ПС Очаково	Да	Изап = 9,0; Юч = 22	Тзап = 31, Точ = 30	
6	21.04.2014	08:59:51.546	К(1), ф. С	51,1	60,3	ВЛ, 11200 м от ПС Очаково	Да (излишне)	Изап = 7,9; Юч = 19	Тзап = 30, Точ = 27	Работа экскаватора вблизи ОПП
7	22.06.2014	16:50:10.289	К(1), ф. С	50,0	59,4	ВЛ, 11200 м от ПС Очаково	Да (излишне)	Изап = 8,9; Юч = 19	Тзап = 29, Точ = 31	Работа экскаватора вблизи ОПП
8	05.09.2014	20:37:38.441	К(1), ф. В	52,3	60,3	Конц.муфта	Да	Изап = 9,6; Юч = 19,0	Тзап = 31, Точ = 33	
9	04.05.2015	22:10:43.827	К(2), ф. ВС	51,2	60,0	ВЛ	Нет	Изап = 10,0; Юч = 11,6	Тзап = 31, Точ = 30	
10	20.11.2015	04:38:15.768	К(1), ф. А	-	81,0	Соед.муфта, 1076 м от ПС Очаково	Нет	Изап = 9,0; Юч =	Тзап = 34, Точ =	Некачественные работы. Опробование с ПС Западная
11	09.12.2015	02:48:21.631	К(1), ф. В	-	80,0	Соед.муфта, 1076 м от ПС Очаково	Нет	Изап = 8,3; Юч =	Тзап = 31, Точ =	Некачественные работы. Опробование с ПС Западная
12	27.04.2017	18:10:56.751	К(1), ф. В	51,8	61,0	Кабель, 2689 м от ПС Очаково	Да	Изап = 8,1; Юч = 21,1	Тзап = 31, Точ = 33	

**Анализ осциллограмм для КВЛ 500 кВ «Очаково-Западная за период с 2012 по 2017 г.**



# СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА САПВ КВЛ для КВЛ 500 кВ Очаково-Западная



## Обозначения:

ОК – оптический канал; АК – аналоговый канал; САПВ - Ц – центральное устройство системы САПВ;  
 САПВ-И - измерительный блок системы САПВ; САПВ-Д – датчик тока системы САПВ;  
 Колодец МТ(3) – колодец муфты транспозиции (заземления) экранов кабелей 500 кВ;  
 ОПП - открытый переходной пункт.

# ПРОГРАММА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Введение
2. Общие положения
3. Цель проведения опытно-промышленной эксплуатации
4. Место и сроки проведения опытно-промышленной эксплуатации
5. Состав опытного образца для проведения опытно-промышленной эксплуатации
6. Условия проведения опытно-промышленной эксплуатации
7. Состав программы проведения опытно-промышленной эксплуатации
8. Требования к регистрации и оформлению результатов проведения опытно-промышленной эксплуатации

## ВЫВОДЫ и ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Одобрить результаты работы по НИОКР для ПАО «ФСК ЕЭС» «Разработка и исследование системы селективного автоматического повторного включения для комбинированных воздушно-кабельных линий электропередачи с напряжением 110 кВ и выше».
2. Отметить новизну и актуальность выполненных работ, их практическую значимость и необходимость установки разработанного образца системы САПВ КВЛ в опытно-промышленную эксплуатацию в соответствии с календарным планом НИОКР.
3. Заслушать доклад на секции НТС ПАО «Россети» в декабре 2018г о результатах проведения опытно-промышленной эксплуатации системы САПВ КВЛ в ПАО «ФСК ЕЭС».

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

[www.abselectro.com](http://www.abselectro.com)

[www.ntc-power.ru](http://www.ntc-power.ru)