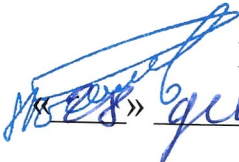




**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

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


Н.Д. Роголев
« » 2018 г.

ПРОТОКОЛ

совместного заседания секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления», секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» и секции №3 «Технологии и оборудование для автоматизации систем управления в электрических сетях» НТС ПАО «Россети» по теме: **«Методика оценки показателей надежности различных архитектур РЗА ЦПС на основе применения мультиагентной системы моделирования функционального состояния комплекса РЗА».**

17 декабря 2018 г.

г. Москва

Присутствовало: 44 человека (список представлен в Приложении 1).

На заседании выступили:

С вступительным словом:

- Председатель секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России», к.т.н. – А.В. Жуков.

С докладом:

«Методика оценки показателей надежности различных архитектур РЗА ЦПС на основе применения мультиагентной системы моделирования функционального состояния комплекса РЗА» - Н.П. Грачева (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ») (приложение 2).

В обсуждении докладов и прениях выступили:

А.В. Жуков, А.А. Волошин, А.И. Расщепляев, Д.Г. Еремеев, М.Г. Линт, В.Ф. Лачугин, Д.В. Кишиневский, Ю.П. Гусев, С.В. Балашов.

Заслушав доклады, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:

1. Учитывая современные тенденции развития систем управления на платформе цифровых и информационных технологий вопросы оценки надежности функционирования систем и комплексов РЗА имеют большое значение. В связи с этим работа представляет значительный практический интерес для электроэнергетической отрасли.

2. Учитывая темпы развития современных цифровых систем управления и отсутствие методик расчета надежности, позволяющих на стадии проектных решений оценить фактические показатели вновь разработанных и проектируемых архитектур РЗА, предлагаемый авторами метод сопоставительной оценки показателей надежности является необходимым при оценке качества проектных решений.

3. Проведен сравнительный технико-экономический анализ семи различных архитектур РЗА ЦПС и сопоставление с традиционной:

3.1. Установка микропроцессорных (МП) терминалов РЗА и реализация в них функций РЗА в соответствии с «типовыми» проектными решениями.

3.2. Установка двух одинаковых взаиморезервирующих МП терминалов РЗА на каждый защищаемый элемент с функциональной интеграцией всех защит (основных и резервных) одного защищаемого элемента в каждом МП терминале.

3.3. Установка одного функционально интегрированного МП терминала РЗА на каждый защищаемый элемент и одной централизованной защиты всех элементов ЦПС, выполненной на базе высокопроизводительного сервера.

3.4. Установка одного специализированного промышленного компьютера (СПК) на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных функций с автоматическим перераспределением функций при отказе.

3.5. Централизованная архитектура РЗА ЦПС.

3.6. Установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера.

3.7. Установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит с автоматическим перераспределением функций при отказе.

4. Предложена новая архитектура - Установка оптических ТТ и ТН с реализацией резервных защит и СПК с набором основных защит и автоматическим перераспределением функций при отказе (в анализ не вошла).

5. Приведены результаты расчета CAPEX и OPEX комплексов РЗА и АСУ ТП семи архитектур в сопоставлении с традиционной. По результатам расчета применение технологии «цифровой подстанции» ведет к существенному снижению стоимости комплекса АСУ ТП, также некоторые из вариантов (1.4 – 1.7) ведут к снижению стоимости комплекса РЗА.

6. Вследствие недостаточности экономического анализа проведен расчет показателей надежности (коэффициент готовности) комплекса РЗА для защит автотрансформатора рассматриваемых вариантов.

7. По результатам расчета – наилучший показатель имеют варианты 1.4 и 1.7 (комплексы РЗА с гибкой функциональной архитектурой), наименьший – централизованная архитектура (вариант 1.5).

8. В ходе проведения расчета выявлены следующие проблемы, затрудняющие выполнение расчетов с использованием существующих методик:

8.1. Высокая трудоемкость аналитического расчета показателей надежности и, как следствие, высокая вероятность ошибки в силу человеческого фактора.

8.2. Применение различных архитектур для реализации РЗА цифровых подстанций требует разработки новых диаграмм надежности для каждой архитектуры.

8.3. Изменение диаграммы надежности в ходе эксплуатации ПС в связи с изменением активной топологии локальной вычислительной сети (ЛВС) и «шины процесса». Подобное изменение может быть вызвано, например, работой протокола RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol), когда вследствие отказа какого-либо элемента сети, происходит перестроение существующей ЛВС. Данная технология при построении диаграммы надежности требует предусматривать все возможные варианты изменения структуры, что усложняет проведение расчета.

8.4. Недостаточность методики диаграмм надежности для расчета показателей надежности комплексов РЗА с гибкой функциональной архитектурой. В данной технологии при выходе из строя терминала происходит перераспределение функций релейной защиты по оставшимся в работе терминалам. Таким образом, при отказе терминала потеря функций РЗА не происходит. При построении диаграмм надежности невозможно предусмотреть все возможные варианты перераспределения, вследствие большой вариативности событий.

9. Кроме того, перечень традиционно используемых показателей надежности не отражает надежность комплекса РЗА в целом. Вследствие чего были разработаны шесть новых интегральных критериев оценки надежности комплекса РЗА ЦПС:

9.1. Максимальное количество отказавших функций при k -независимых отказах устройств.

9.2. Вероятность отказа определенного количества функций при k одновременных независимых отказов устройств (элементов).

9.3. Математическое ожидание количества отказавших функций при k -независимых отказов оборудования.

9.4. Вероятность отказа t -функций, ($t=1, \dots, \max$).

9.5. Коэффициент живучести – вероятность сохранения всех функций в случае различных отказов.

9.6. Параметр потока обслуживания для каждого типа оборудования РЗА.

10. Для решения указанных проблем была разработана методика для автоматизированного расчета показателей надежности РЗА на основе применения мультиагентной системы для моделирования функционального состояния комплекса РЗА ЦПС.

11. Исходными данными для реализации предложенной методики являются файлы проектной документации: System Specification Description (SSD), Substation Configuration Description (SCD), структурных схем РЗА и АСУ ТП, а также схем СОПТ, расположения кабельных лотков и др. На основе проектных данных в автоматическом режиме создаются агенты оборудования и формируется информационная модель комплекса РЗА.

12. После создания информационной модели происходит формирование списка сценариев. Под сценарием в данной методике понимается независимый отказ одной или нескольких единиц оборудования. Максимальное количество отказавших элементов k_{\max} задается пользователем. Список сценариев содержит все возможные комбинации независимых отказов оборудования.

13. Результатом расчета сценария (отказа нескольких элементов) в модели функционального состояния является перечень отказавших функций. Результаты расчета каждого сценария заносятся в базу данных для последующего расчета показателей надежности

14. Для практического выполнения расчетов по данной методике необходима разработка модели функционального состояния комплекса РЗА ЦПС. Имеется несколько вариантов реализации такой модели:

14.1. Алгоритмическим моделирование. Данный способ подразумевает составлением алгоритмов функционирования системы вручную, что влечет высокую вероятность ошибки в силу высокой трудоемкости задачи.

14.2. Симуляция информационных потоков в локальных вычислительных сетях. При использовании данного способа достаточно сложно учесть функциональные зависимости в РЗА и не «цифровые» элементы (шкафы, кабельные каналы и др.).

14.3. Применение мультиагентных систем. Данный метод позволяет моделировать поведение сложных систем. При разработке модели функционального состояния интеллектуальные агенты используются для описания поведения отдельных элементов оборудования комплекса РЗА и их взаимодействия друг с другом. Это позволяет не описывать в одном алгоритме модель всего комплекса РЗА, а описать работу и взаимодействие только отдельных компонентов системы в виде программных агентов. Данный подход позволяет моделировать функциональное состояние комплекса РЗА и его поведение при отказе отдельных элементов оборудования и определять, как данный отказ повлияет на работу функций и

живучесть комплекса в целом. Таким образом моделируется не только работоспособность отдельного элемента оборудования, но и отказоустойчивость всего комплекса РЗА в целом с учетом существующих подходов к резервированию, включая физическое резервирование оборудования, протоколы управления передачей данных, а также различные подходы к резервированию МП устройств РЗА.

15. На основе проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

15.1. Для выбора оптимального варианта архитектуры РЗА ЦПС требуется оценивать не только капитальные и операционные затраты, но показатели надежности.

15.2. Традиционно применяемые показатели надежности не в полной мере отражают показатели надежности комплексов РЗА цифровых подстанций в целом;

15.3. Были предложены дополнительные интегральные критерии. Эти критерии характеризуют надежность комплекса релейной защиты и автоматики с учетом реализации функций автоматической реконфигурации комплекса РЗА при отказах отдельных элементов;

15.4. Разработана новая методика для автоматизированного расчета показателей надежности, включая интегральные показатели надежности, на основе применения мультиагентной системы для моделирования функционального состояния.

15.5. Для реализации новой методики был разработан прототип программного комплекса (ПК) для расчета показателей надежности с применением мультиагентных систем.

15.6. Разработанная методика позволяет использовать для расчета показателей надежности проектную документацию на комплекс РЗА ЦПС без необходимости разработки дополнительных схем и/или диаграмм.

15.7. Применение мультиагентных систем позволяет эффективно реализовать расчет интегральных показателей надежности комплекса РЗА с возможностью исключения сценариев с низкой вероятностью из моделирования для ускорения процесса расчета при обеспечении требуемой точности.

16. В5 РНК СИГРЭ «Релейная защита и автоматика» на 47 Сессии CIGRE вышел с предложением о создании международной рабочей группы и

получил поддержку SC B5 CIGRE по определению показателей надежности, перед которой поставлены следующие задачи:

16.1. Анализ используемых в настоящее время методов расчета и контроля реальных показателей аппаратной и структурной надежности комплексов РЗА и АСУТП в эксплуатации.

16.2. Анализ используемых в настоящее время методов расчета показателей аппаратной и структурной надежности комплексов РЗА и АСУТП при проектировании.

16.3. Анализ состава показателей надежности применяемых при проектировании для оценки различных вариантов архитектур комплексов РЗА и АСУТП.

16.4. Анализ существующих требований к количественным значениями показателей надежности устройств и комплексов РЗА и АСУТП.

16.5. Анализ влияние стратегии технического обслуживания комплексов РЗА и АСУТП (включая правила комплектования и хранения ЗИП) на показатели надежности комплексов РЗА и АСУТП.

16.6. Оценка влияния надежности комплексов РЗА и АСУТП на надежность функционирования электроэнергетических систем.

16.7. Качественно определить каким образом угрозы кибербезопасности влияют на надежность комплексов РЗА и АСУТП.

16.8. На основе анализа мирового опыта разработать справочник (библиотеку) типовых показателей надежности устройств РЗА и АСУТП для применения при расчетах структурной надежности комплексов РЗА и АСУТП ЦПС с различной архитектурой на этапе проектирования.

16.9. Разработка комплекса показателей надежности для сопоставительной оценки различных вариантов архитектур комплексов РЗА и АСУТП ЦПС, в том числе функционально-интегрированных и с гибкой функциональной архитектурой.

16.10. Разработка инженерной методики автоматизированного расчета показателей надежности комплексов РЗА и АСУТП ЦПС с различной архитектурой, в том числе функционально-интегрированных и с гибкой функциональной архитектурой.

16.11. Разработать инженерную методику автоматизированного расчета действительных показателей надежности устройств и комплексов РЗА и АСУТП ЦПС на основе данных мониторинга в эксплуатации.

16.12. Разработать примеры расчетов показателей надежности для разных архитектур комплексов РЗА и АСУТП ЦПС.

Рассмотрев материалы НТС и заслушав докладчиков, совместное заседание секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления», секции «Управления режимами энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС» и секции №3 «Технологии и оборудование для автоматизации систем управления в электрических сетях» **приняло следующие решения:**

1. Одобрить подходы в представленной методике оценки показателей надежности различных архитектур РЗА ЦПС на основе применения мультиагентной системы моделирования функционального состояния комплекса РЗА.


2. Рекомендовать продолжение исследовательских работ, связанных с применением мультиагентной системы моделирования функционального состояния комплекса РЗА с целью оценки показателя надежности.

3. В целях выработки консолидированной позиции и обеспечения работы международной рабочей группы WG B5.70 «Надежность РЗА электроэнергетических систем – методы сравнительной оценки архитектур» рекомендовать В5 РНК СИГРЭ создать отечественную рабочую группу В5 РНК СИГРЭ по рассматриваемой теме, включив в её состав специалистов по надежности.


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.Ш. Исамухамедов

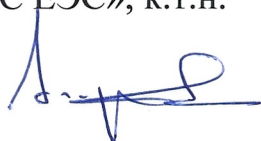
Председатель секции «Управление
режимами энергосистем, РЗА»
НП «НТС ЕЭС»

 А.Ф. Бондаренко

Ученый секретарь секции
«Управление режимами
энергосистем, РЗА» НП «НТС ЕЭС»

 А.Ф. Морозова

Председатель секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НИ «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» НИ «НТС ЕЭС»



А.И. Расщепляев

Руководитель секции 3 НТС ПАО «Россети» «Технологии и оборудование для автоматизации систем управления в электрических сетях», к.т.н.



Г.С. Нудельман

Ученый секретарь секции 3 НТС ПАО «Россети» «Технологии и оборудование для автоматизации систем управления в электрических сетях», к.т.н.



А.А. Наволочный

Ответственный секретарь НТС ПАО «Россети»



Э.В. Магадеев

Список участников заседания НТС ЕЭС 17 декабря 2018 г.

ФИО	Организация
1. Жуков Андрей Васильевич	АО «СО ЕЭС»
2. Морозова Антонина Федоровна	АО «СО ЕЭС»
3. Расщепляев Антон Игоревич	АО «СО ЕЭС»
4. Гусев Владимир Фёдорович	АО «СО ЕЭС»
5. Волков Александр Иванович	АО «СО ЕЭС»
6. Москаленко Вадим Васильевич	АО «СО ЕЭС»
7. Вергазов Сергей Юрьевич	ПАО «Россети»
8. Гусев Юрий Павлович	ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»
9. Кошкарева Людмила Александровна	АО «ОЭК»
10. Никольский Николай Вениаминович	АО «ОЭК»
11. Мирошниченко Дмитрий Иванович	АО «ОЭК»
12. Григорьев Денис Алексеевич	АО «ОЭК»
13. Балашов Виталий Васильевич	ОАО «ВНИИР»
14. Андрюхин Алексей Дмитриевич	ОАО «ВНИИР»
15. Еремеев Дмитрий Григорьевич	ОАО «ВНИИР»
16. Иванов Юрий Васильевич	ООО «Прософт-Системы»
17. Хохрин Александр Анатольевич	ООО «Прософт-Системы»
18. Порозков Максим Андреевич	ООО «Прософт-Системы»
19. Орлов Юрий Николаевич	ЦИЭ АО «Фирма ОРГРЭС»
20. Баев Дмитрий Николаевич	ЦИЭ АО «Фирма ОРГРЭС»
21. Сахаров Сергей Николаевич	ЦИЭ АО «Фирма ОРГРЭС»
22. Панин Олег Сергеевич	Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Центра
23. Смирнова Галина Викторовна	Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Центра
24. Герих Валентин Платонович	ПАО «Интер РАО»
25. Сорин Валентин Дмитриевич	ООО «ПиЭлСи Технолоджи»
26. Байбаков Юрий Владимирович	АО "Институт "ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"

ФИО	Организация
27. Трубников Станислав Сергеевич	АО "Институт "ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"
28. Балашов Сергей Васильевич	ОАО «ВНИИР»
29. Журавлев Денис Михайлович	ОАО «ВНИИР»
30. Пестов Андрей Ильич	АО "ОЭК"
31. Горячих Антон Дмитриевич	АО "ОЭК"
32. Бондарев Александр Александрович	ООО «НПП ЭКРА»
33. Попов Сергей Григорьевич	АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
34. Бабыкин Владимир Викторович	НПЦ «Энергоавтоматика»:
35. Леонов Михаил Анатольевич	НПЦ «Энергоавтоматика»:
36. Илюшин Павел Владимирович	ФГАУ ДПО «ПЭИПК»
37. Кишиневский Давид Владимирович	ООО «ЛИСИС»
38. Линт Михаил Григорьевич	ООО «Релематика»
39. Фербиков Дмитрий Михайлович	РАСУ
40. Хлыстов Максим Алексеевич	АО «РАСУ»
41. Березовский Петр Константинович	АО «СО ЕЭС»
42. Ковалёв Сергей Протасович	
43. Лачугин Владимир Фёдорович	АО «ЭНИН»
44. Мальцев Максим Ильич	АБС Электро



НИУ «МЭИ»
Каф. PЗиAЭ

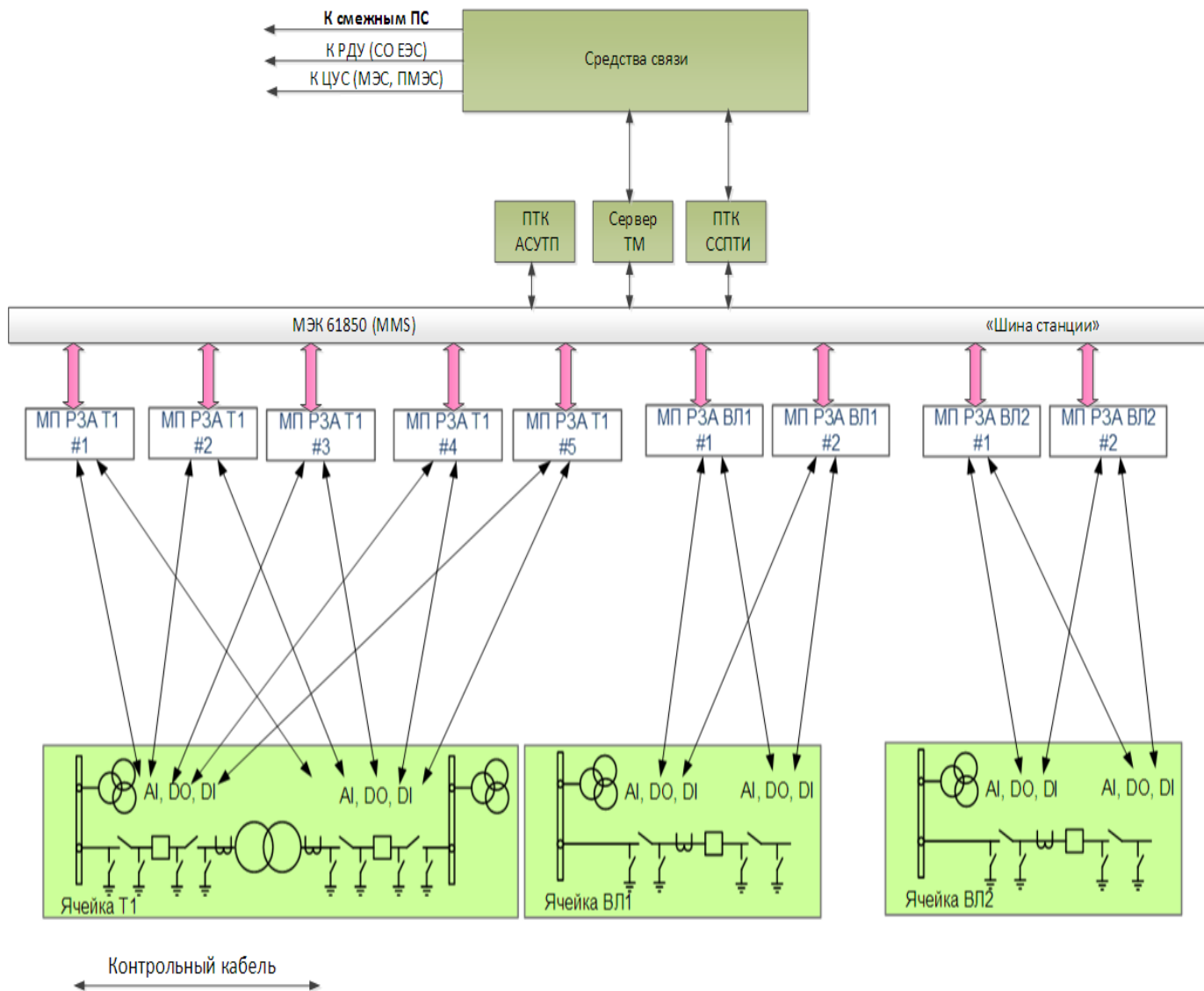
ООО «ИЭЭС»

Методика оценки показателей надежности различных архитектур PЗА ЦПС на основе применения мультиагентной системы моделирования функционального состояния комплекса PЗА

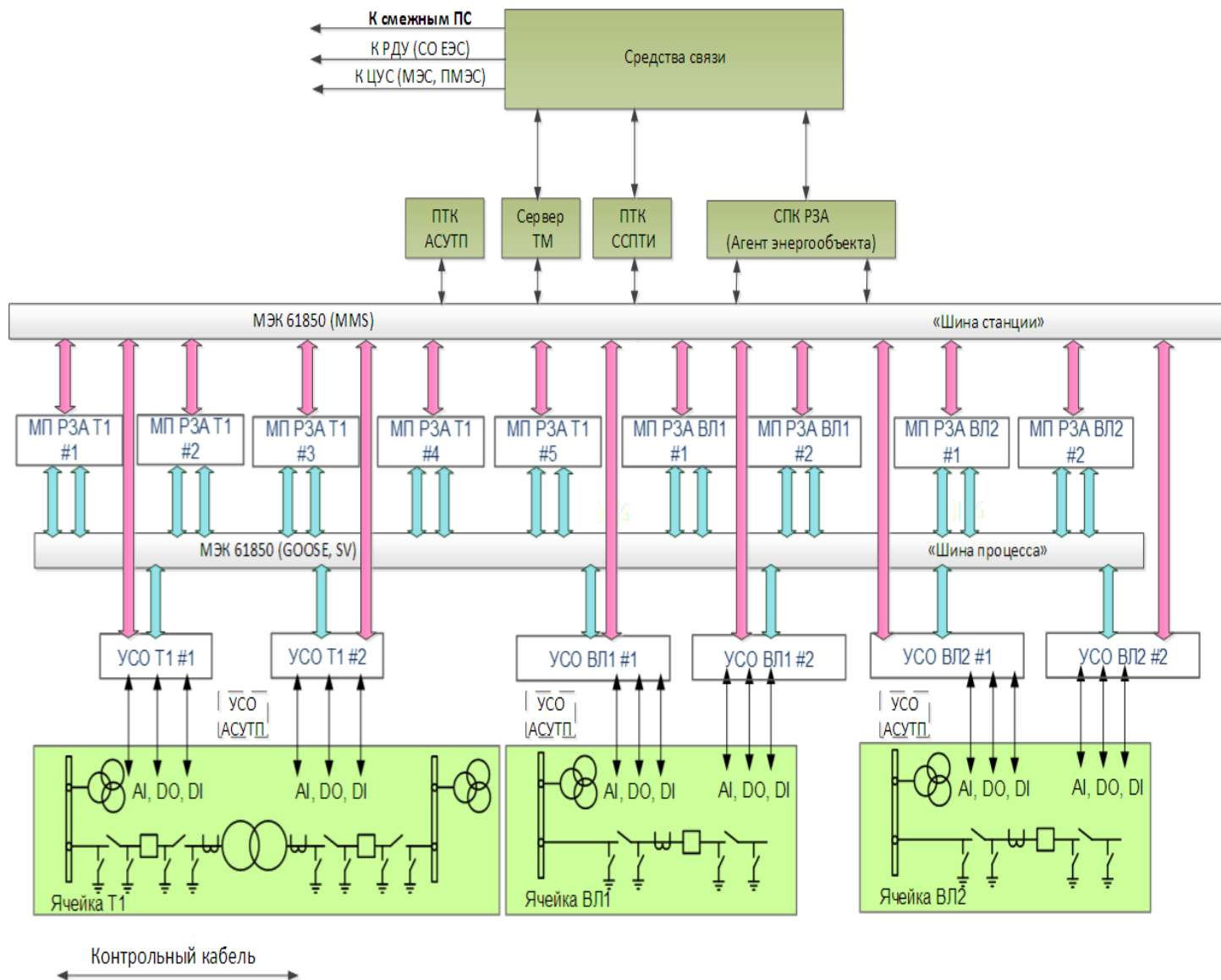
Волошин А.А., Волошин Е.А., Грачева Н.П.

Декабрь 2018

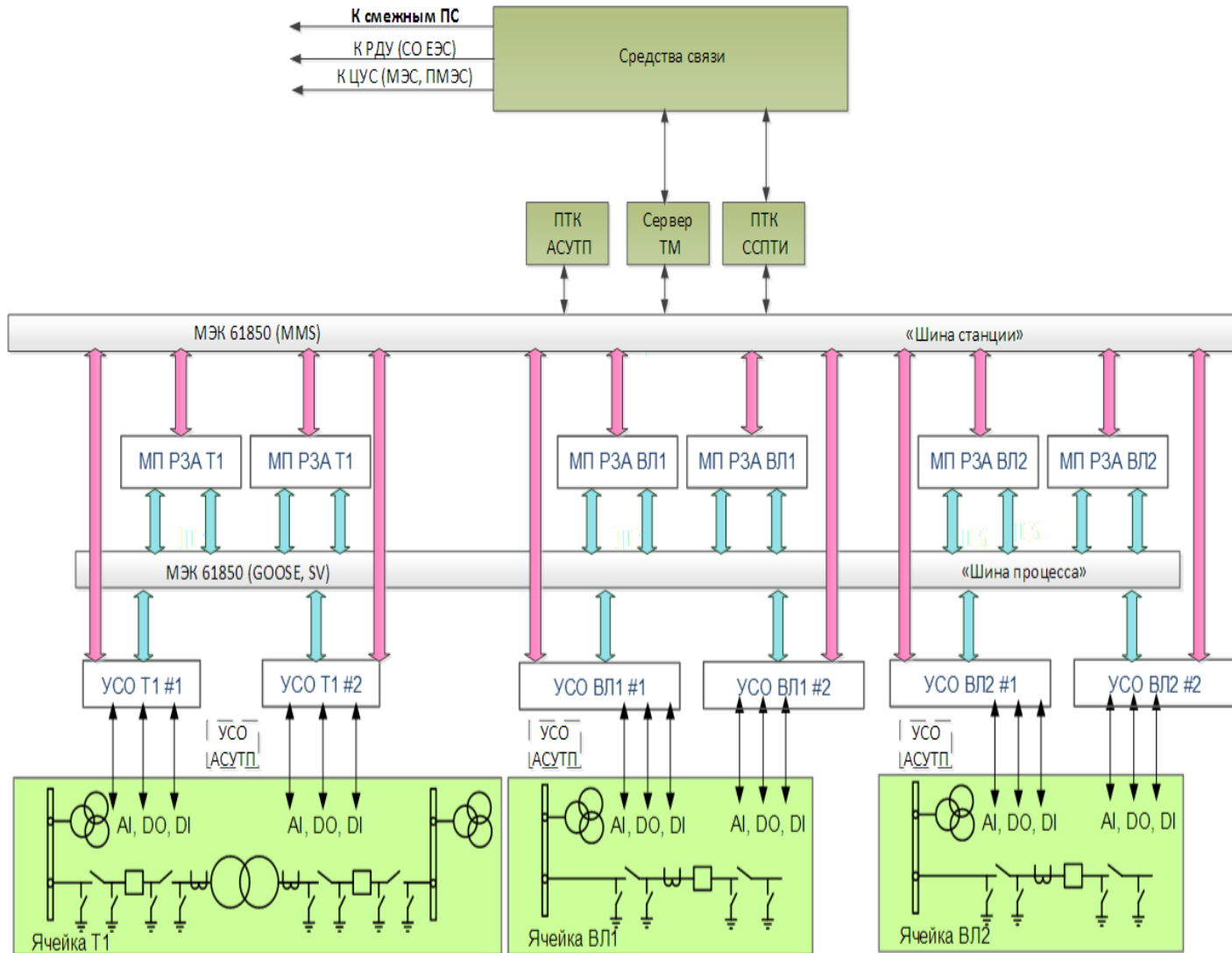
Традиционный вариант построения РЗА ПС



Установка МП терминалов РЗА и реализация в них функций РЗА в соответствии с «типовыми» проектными решениями (1 вариант)

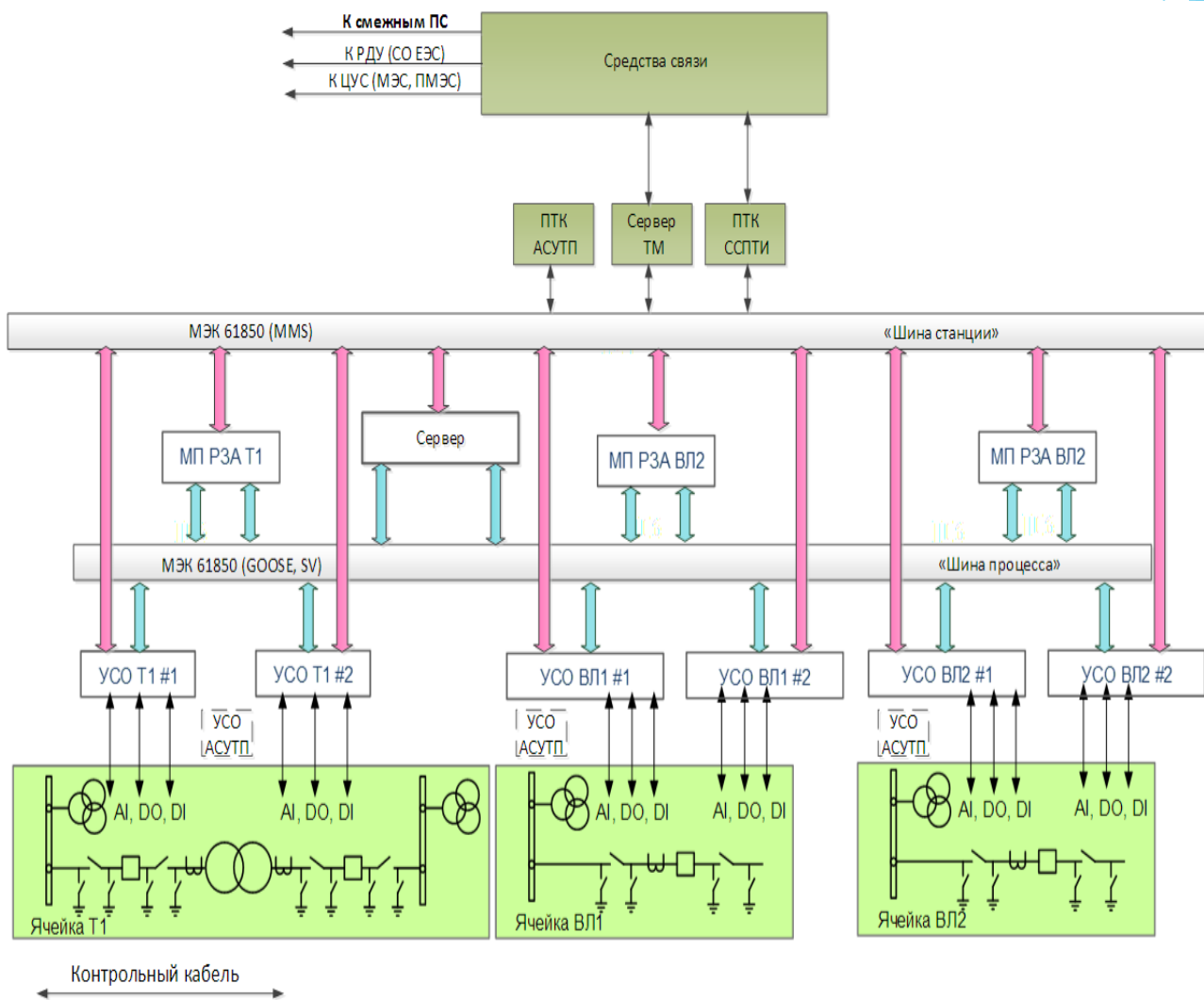


Установка двух одинаковых взаиморезервирующих МП терминалов РЗА на каждый защищаемый элемент (2 вариант)

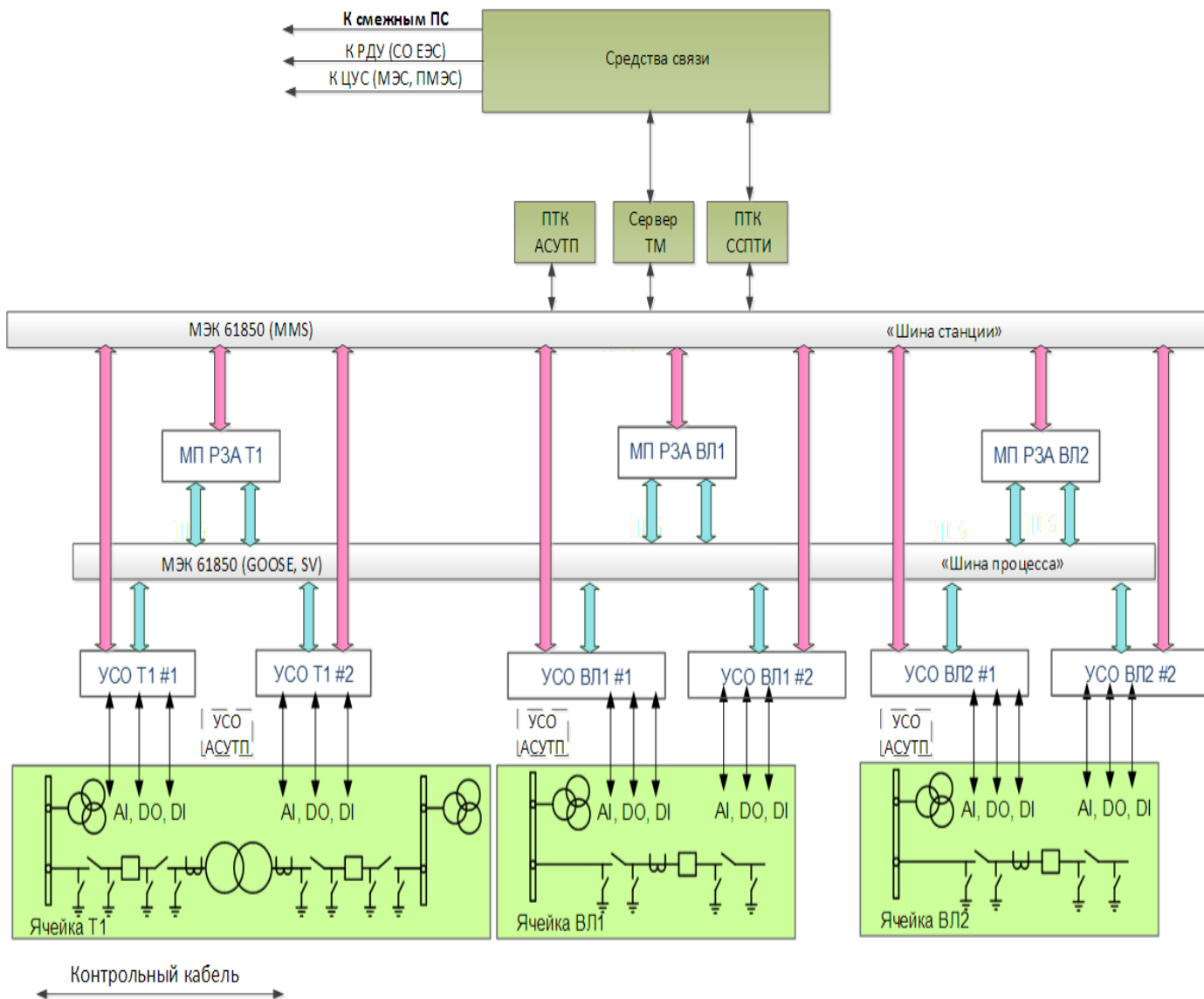


Контрольный кабель

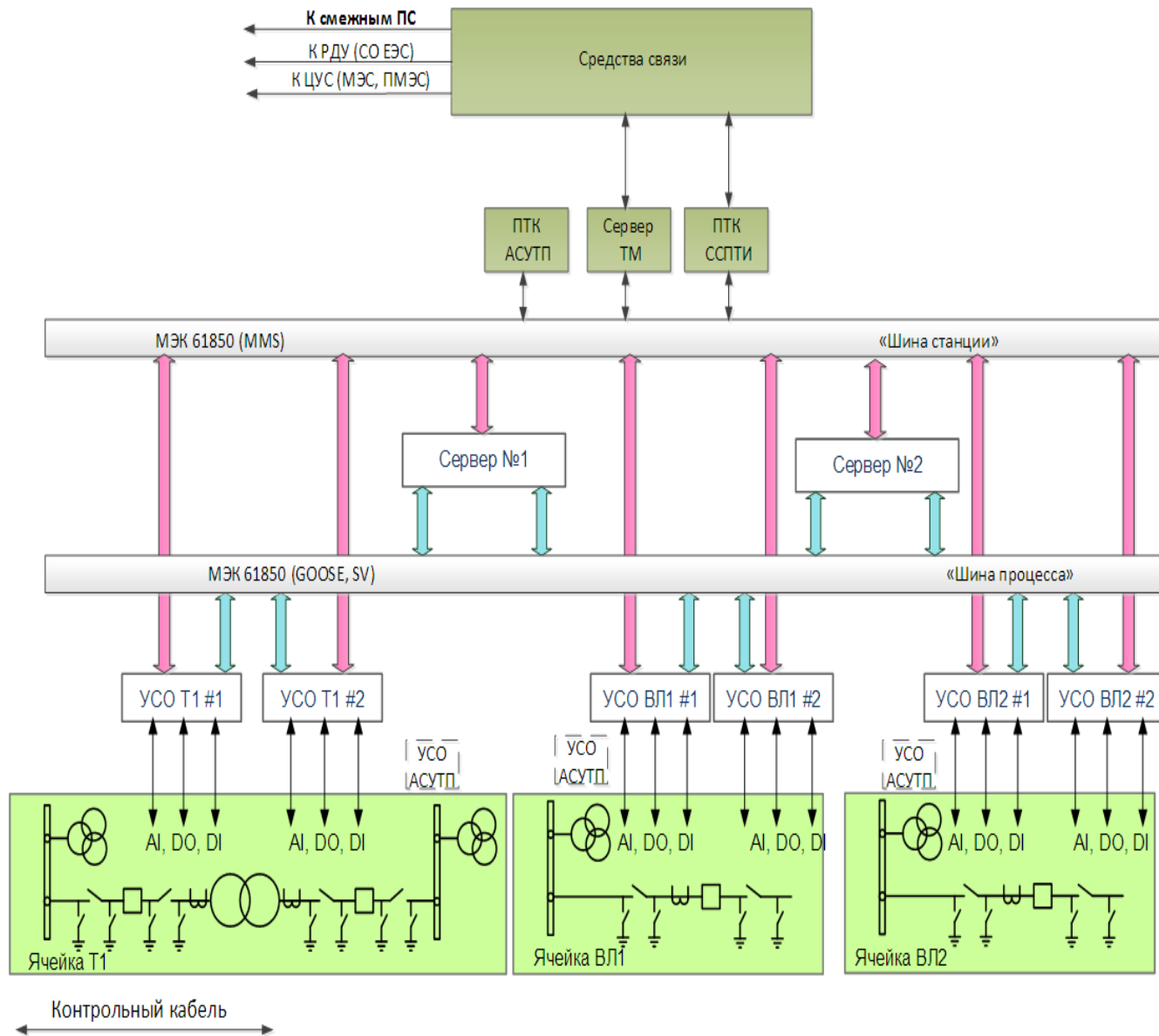
Установка одного функционально интегрированного МП терминала РЗА на каждый защищаемый элемент и одной централизованной защиты всех элементов ЦПС (3 вариант)



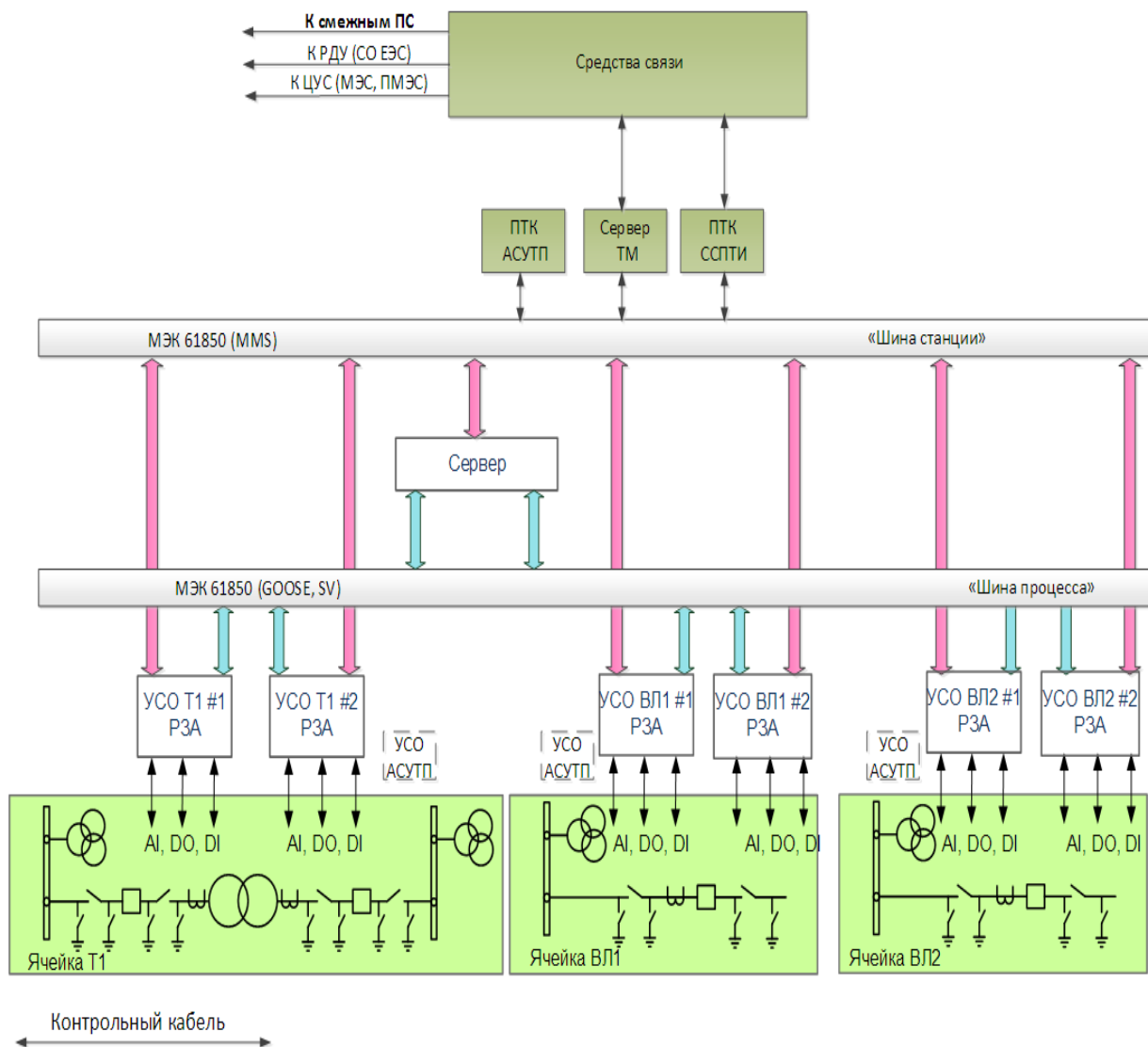
Установка для каждого защищаемого элемента одного МП терминала РЗА, выполняющего все основные и резервные функции РЗА (4 вариант)



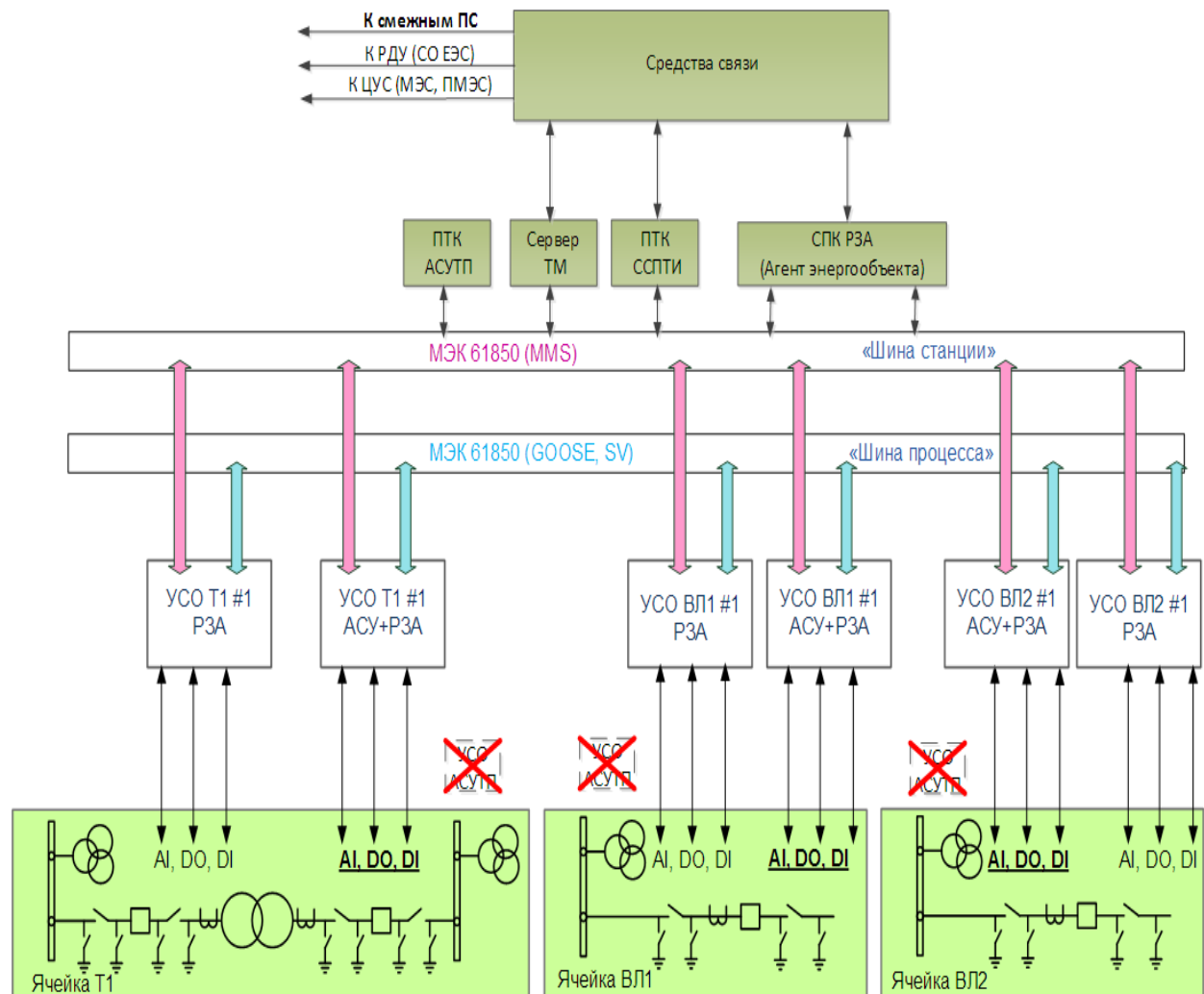
Централизованная архитектура РЗА ЦПС (5 вариант)



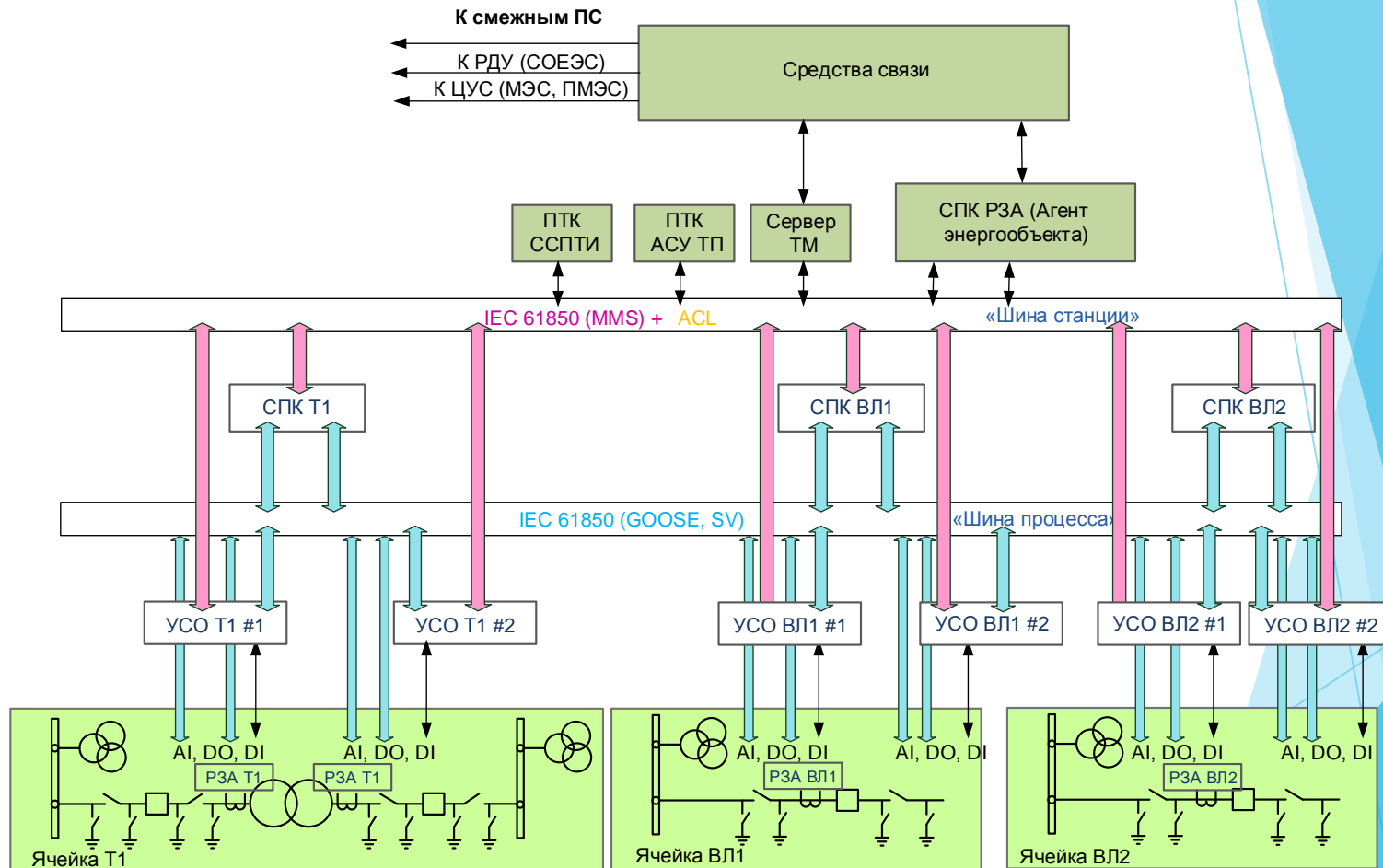
Установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера (6 вариант)



Установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит с автоматическим перераспределением функций при отказе (7 вариант)



Установка оптических ТТ и ТН с реализацией резервных защит и СПК с набором основных защит и автоматическим перераспределением функций при отказе (8 вариант)



Технико-экономический анализ различных вариантов

Трад. ПС

– традиционная архитектура РЗА без применения «шины процесса».

1 вариант

– традиционная архитектура РЗА с применением «шины процесса».

2 вариант

– установка двух взаиморезервирующих МП терминалов РЗА для каждого защищаемого элемента с полным набором основных и резервных функций.

3 вариант

– установка одного МП терминала РЗА на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера.

4 вариант

– установка одного специализированного промышленного компьютера на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных функций с автоматическим перераспределением функций при отказе.

5 вариант

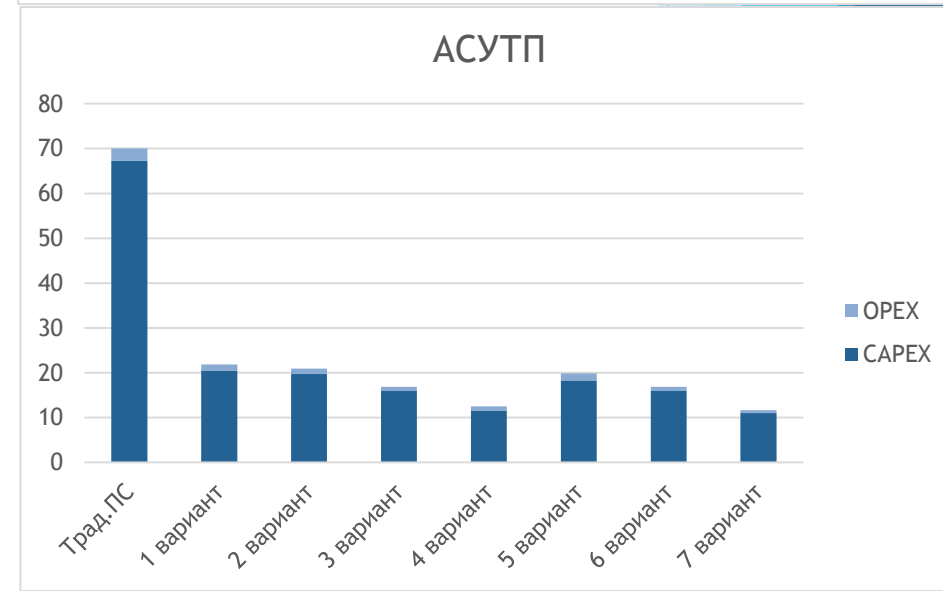
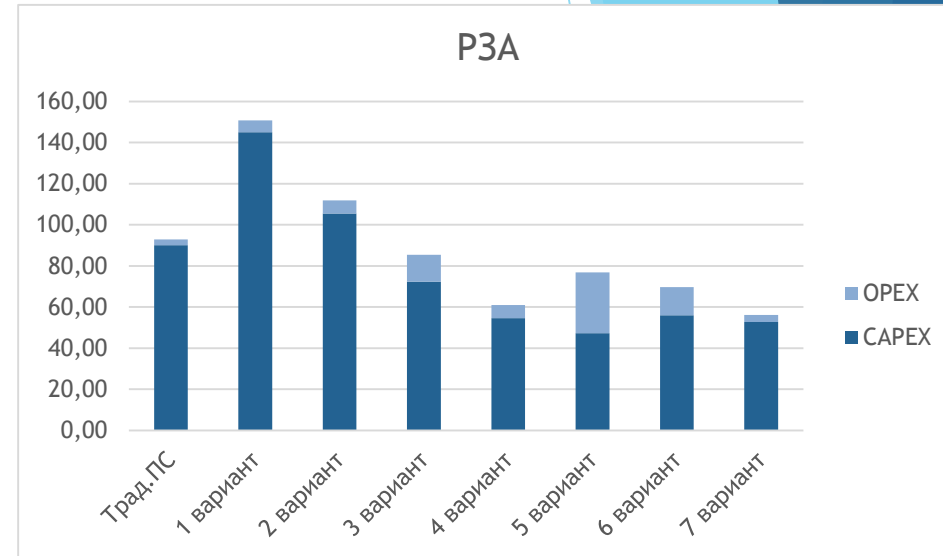
– централизованная архитектура РЗА ЦПС

6 вариант

– установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера.

7 вариант

– установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит с автоматическим перераспределением функций при отказе.



Относительная оценка показателей надежности

Коэффициент готовности

Трад. ПС

– традиционная архитектура РЗА без применения «шины процесса».

1 вариант

– традиционная архитектура РЗА с применением «шины процесса».

2 вариант

– установка двух взаиморезервирующих МП терминалов РЗА для каждого защищаемого элемента с полным набором основных и резервных функций.

3 вариант

– установка одного МП терминала РЗА на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера.

4 вариант

– установка одного специализированного промышленного компьютера на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных функций с автоматическим перераспределением функций при отказе.

5 вариант

– централизованная архитектура РЗА ЦПС

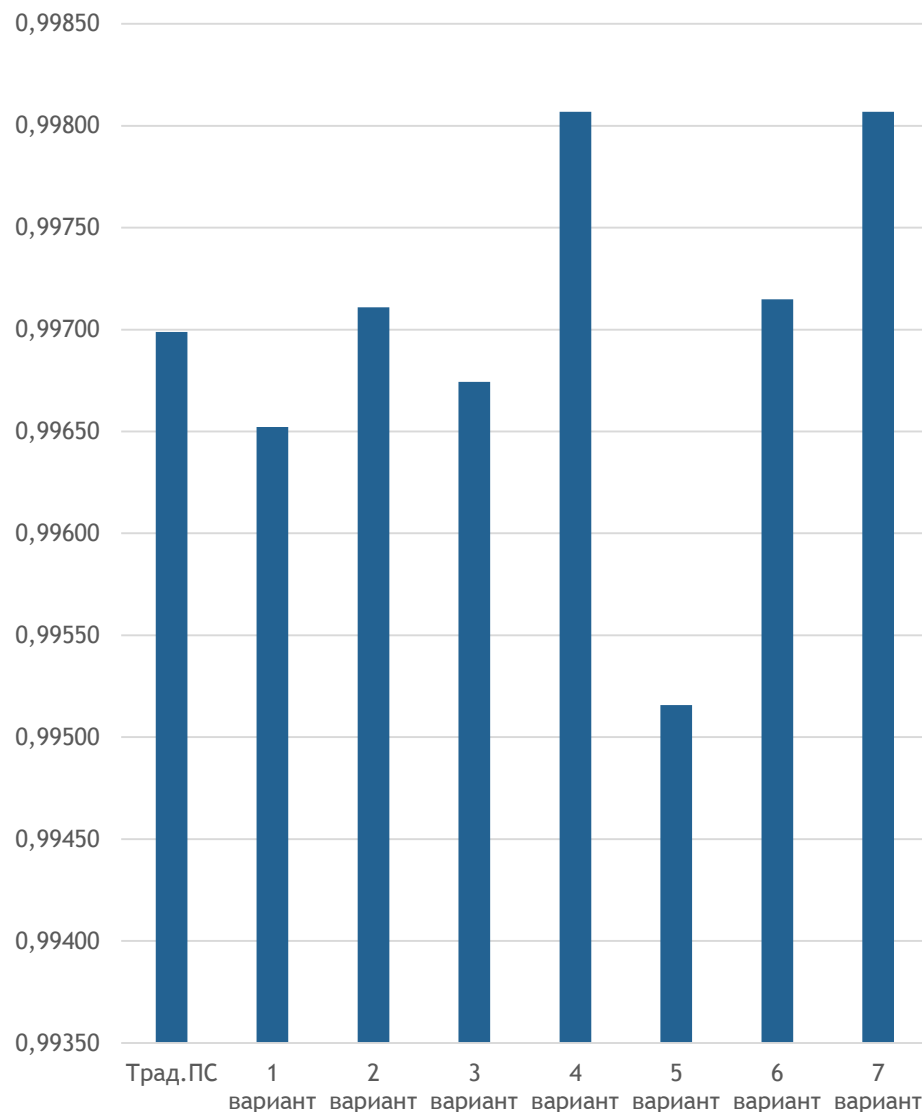
6 вариант

– установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера.

7 вариант

– установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит с автоматическим перераспределением функций при отказе.

Коэффициент готовности



Разработка ПК для расчета показателей надежности

Высокая
трудоемкость
аналитического
расчета
показателей
надежности

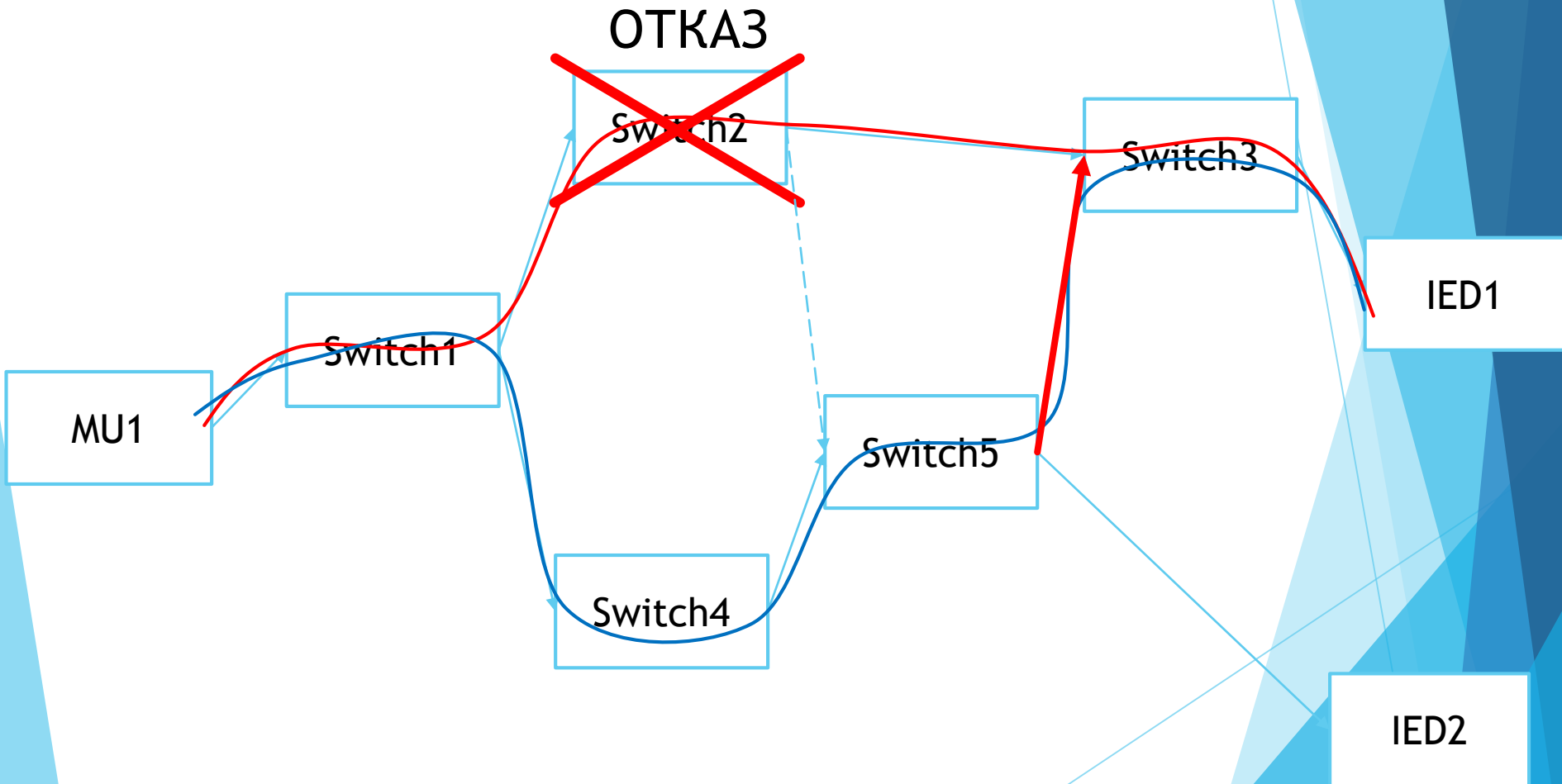
Применение
различных архитектур
для реализации РЗА
ЦПС, что требует
разработки новых ДН
для каждой
архитектуры

ДН могут
изменяться в ходе
эксплуатации ПС в
связи с изменением
активной топологии
ЛВС и шины
процесса

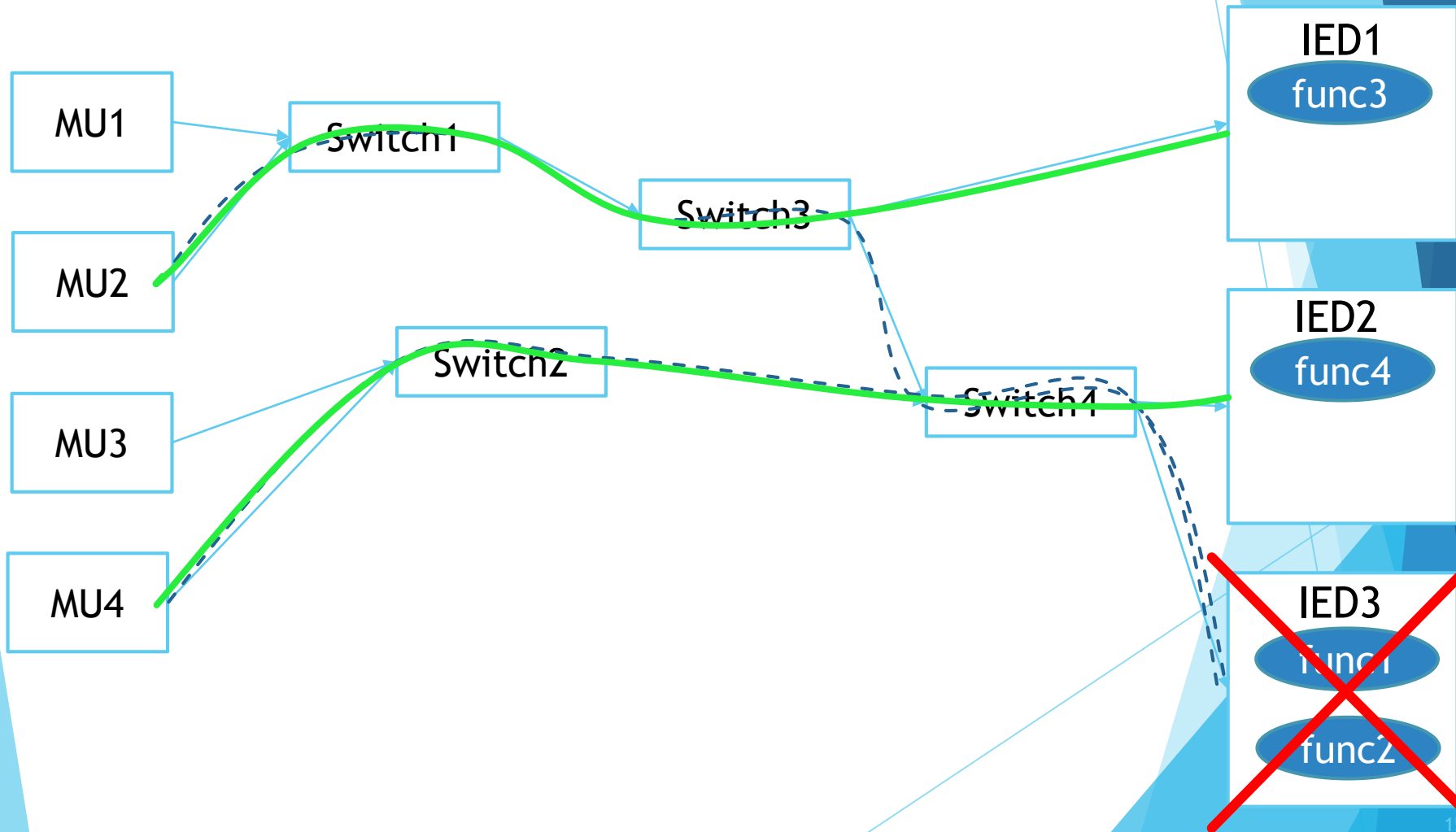
Недостаточность
методики диаграмм
надежности для расчета
показателей надежности
комплексов РЗА с
гибкой функциональной
архитектурой

Необходимость автоматизации расчетов

Изменение активной топологии ЛВС



Недостаточность методики диаграмм надежности для расчета показателей надежности комплексов РЗА с гибкой функциональной архитектурой



Перечень традиционно
используемых показателей
надежности **НЕ** отражает
надежность комплекса РЗА в
целом

Новые интегральные критерии

- F_{\max}^k – максимальное количество отказавших функций при k-независимых отказах устройств.
- Вероятность отказа определенного количества функций при k одновременных независимых отказов устройств (элементов)

$$P_k^{ff} = \sum_{j=1}^f P_i^{sc}$$

- Математическое ожидание количества отказавших функций при k-независимых отказов оборудования

$$M_k^{ff} = \sum_{i=1}^m P_i^{sc} \cdot f n_i$$

- Вероятность отказа t-функций, (t=1,...,max)

$$P_f^{tt} = \prod_i^{msc} P_i^{sct}$$

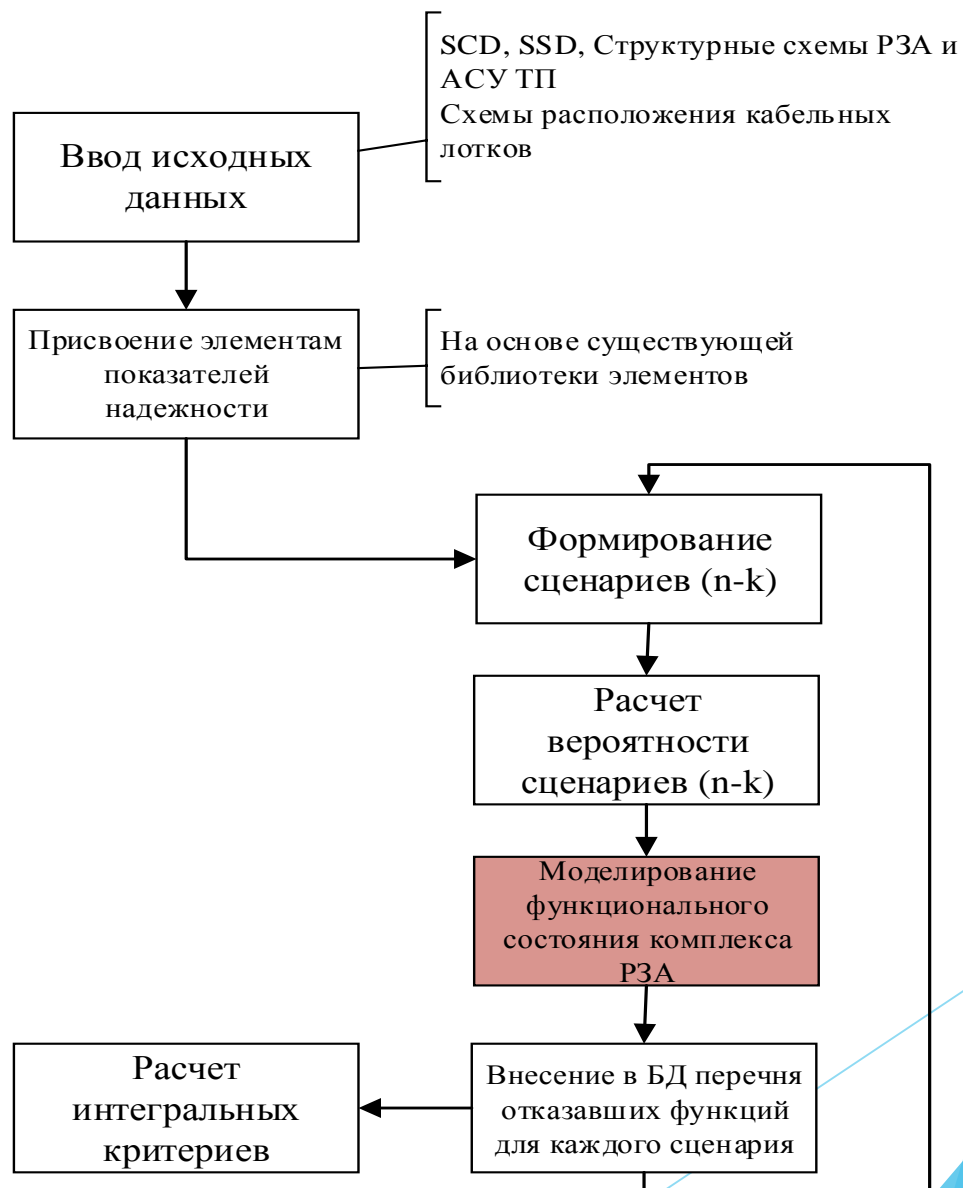
- Коэффициент живучести (q_{al}) – вероятность сохранения всех функций в случае различных отказов.

$$q_{al} = \frac{\sum P^{f0}}{\sum P^{ff}}$$

- Параметр потока обслуживания для каждого типа оборудования РЗА.

$$m_{tx} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \lambda_{xj}}$$

Блок-схема разработанной методики



Варианты реализации разработанной методики

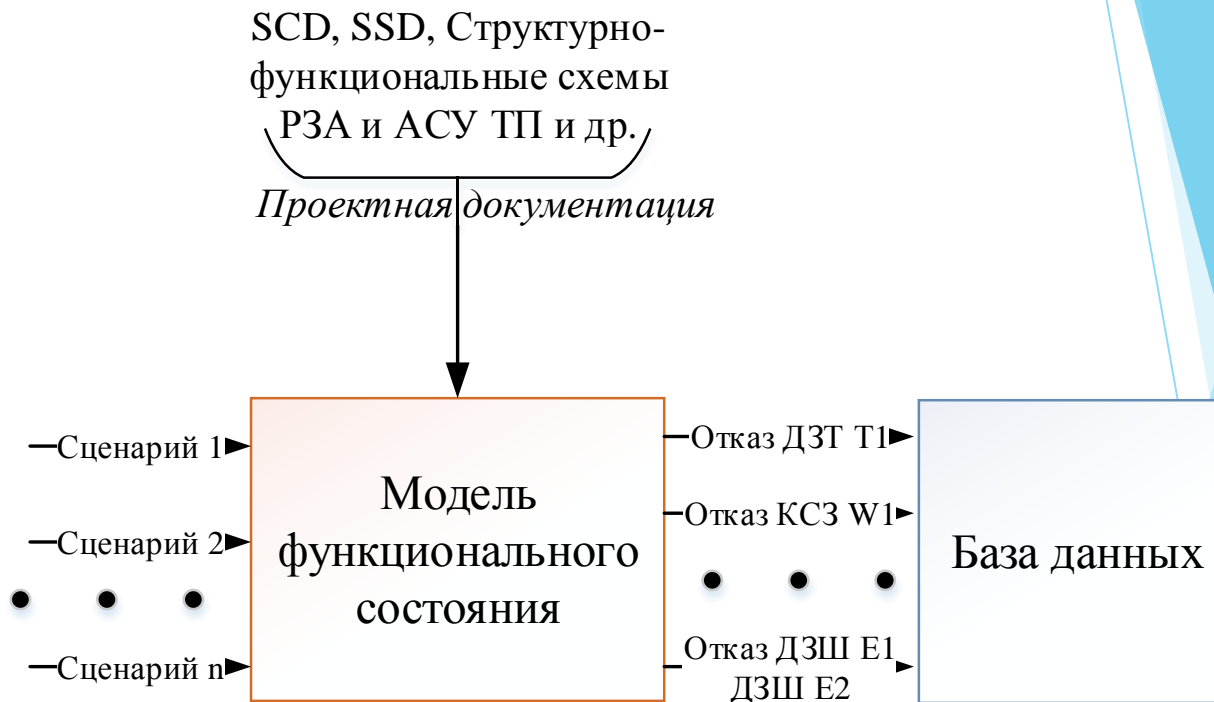
1. Алгоритмическое моделирование
2. Симуляция информационных потоков в локальных вычислительных сетях
3. Применение мультиагентных систем

Применение мультиагентных систем

Мультиагентная система - это система, состоящая из двух и более агентов или интеллектуальных агентов.

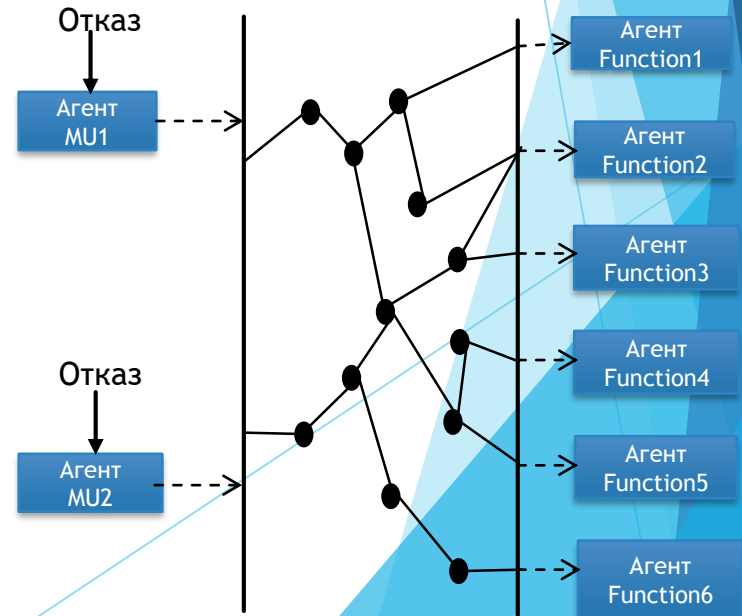
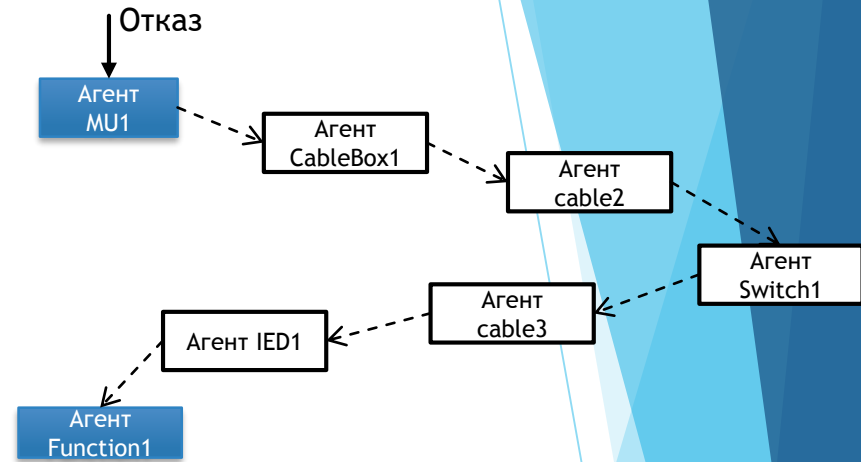
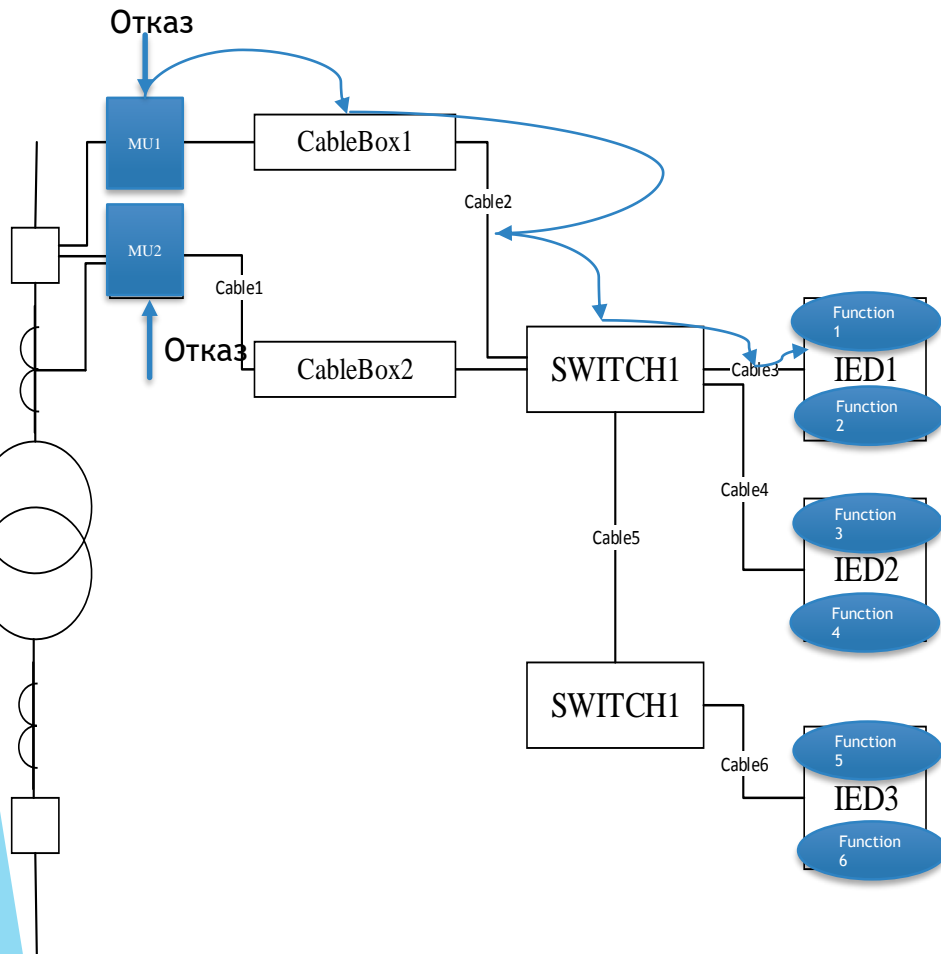
- ▶ Моделируется не только работоспособность отдельного элемента, но и отказоустойчивость всего комплекса в целом
- ▶ Моделируется работа протоколов резервирования ЛВС
- ▶ Моделируются различные подходы к резервированию МП устройств РЗА
- ▶ Добавление новых элементов/подходов не требует изменения алгоритмов

Схема работы разработанной методики



Сценарий - независимый отказ одной или нескольких единиц оборудования.

Пример работы методики



Выводы

- ▶ Для выбора оптимального варианта архитектуры РЗА ЦПС требуется оценивать не только капитальные и операционные затраты, но показатели надежности.
- ▶ Традиционно применяемые показатели надежности не в полной мере отражают показатели надежности комплексов РЗА цифровых подстанций в целом;
- ▶ Были предложены дополнительные интегральные критерии. Эти критерии характеризуют надежность комплекса релейной защиты и автоматики с учетом реализации функций автоматической реконфигурации комплекса РЗА при отказах отдельных элементов;
- ▶ Разработана новая методика для автоматизированного расчета показателей надежности, включая интегральные показатели надежности, на основе применения мультиагентной системы для моделирования функционального состояния.

Выводы

- ▶ Для реализации новой методики был разработан прототип программного комплекса (ПК) для расчета показателей надежности с применением мультиагентных систем.
- ▶ Разработанная методика позволяет использовать для расчета ПН проектную документацию на комплекс РЗА ЦПС без необходимости разработки дополнительных схем и/или диаграмм.
- ▶ Применение МАС позволяет эффективно реализовать расчет интегральных ПН комплекса РЗА с возможностью исключения сценариев с низкой вероятностью из моделирования для ускорения процесса расчета при обеспечении требуемой точности.

Цели и задачи рабочей группы

- ▶ Анализ используемых в настоящее время методов расчета и контроля реальных показателей аппаратной и структурной надежности комплексов РЗА и АСУТП в эксплуатации.
- ▶ Анализ используемых в настоящее время методов расчета показателей аппаратной и структурной надежности комплексов РЗА и АСУТП при проектировании.
- ▶ Анализ состава показателей надежности применяемых при проектировании для оценки различных вариантов архитектур комплексов РЗА и АСУТП .
- ▶ Анализ существующих требований к количественным значениями показателей надежности устройств и комплексов РЗА и АСУТП.
- ▶ Анализ влияние стратегии технического обслуживания комплексов РЗА и АСУТП (включая правила комплектования и хранения ЗИП) на показатели надежности комплексов РЗА и АСУТП.
- ▶ Оценка влияния надежности комплексов РЗА и АСУТП на надежность функционирования электроэнергетических систем.
- ▶ Качественно определить каким образом угрозы кибербезопасности влияют на надежность комплексов РЗА и АСУТП.

Цели и задачи рабочей группы

- ▶ На основе анализа мирового опыта разработать справочник (библиотеку) типовых показателей надежности устройств РЗА и АСУТП для применения при расчетах структурной надежности комплексов РЗА и АСУТП ЦПС с различной архитектурой на этапе проектирования.
- ▶ Разработка комплекса показателей надежности для сопоставительной оценки различных вариантов архитектур комплексов РЗА и АСУТП ЦПС, в том числе функционально-интегрированных и с гибкой функциональной архитектурой.
- ▶ Разработка инженерной методики автоматизированного расчета показателей надежности комплексов РЗА и АСУТП ЦПС с различной архитектурой, в том числе функционально-интегрированных и с гибкой функциональной архитектурой.
- ▶ Разработать инженерную методику автоматизированного расчета действительных показателей надежности устройств и комплексов РЗА и АСУТП ЦПС на основе данных мониторинга в эксплуатации.
- ▶ Разработать примеры расчетов показателей надежности для разных архитектур комплексов РЗА и АСУТП ЦПС.
- ▶ Причины, влияние и уменьшение влияния человеческого фактора при настройке и обслуживании, включая инструменты и процессы.

Спасибо за внимание!