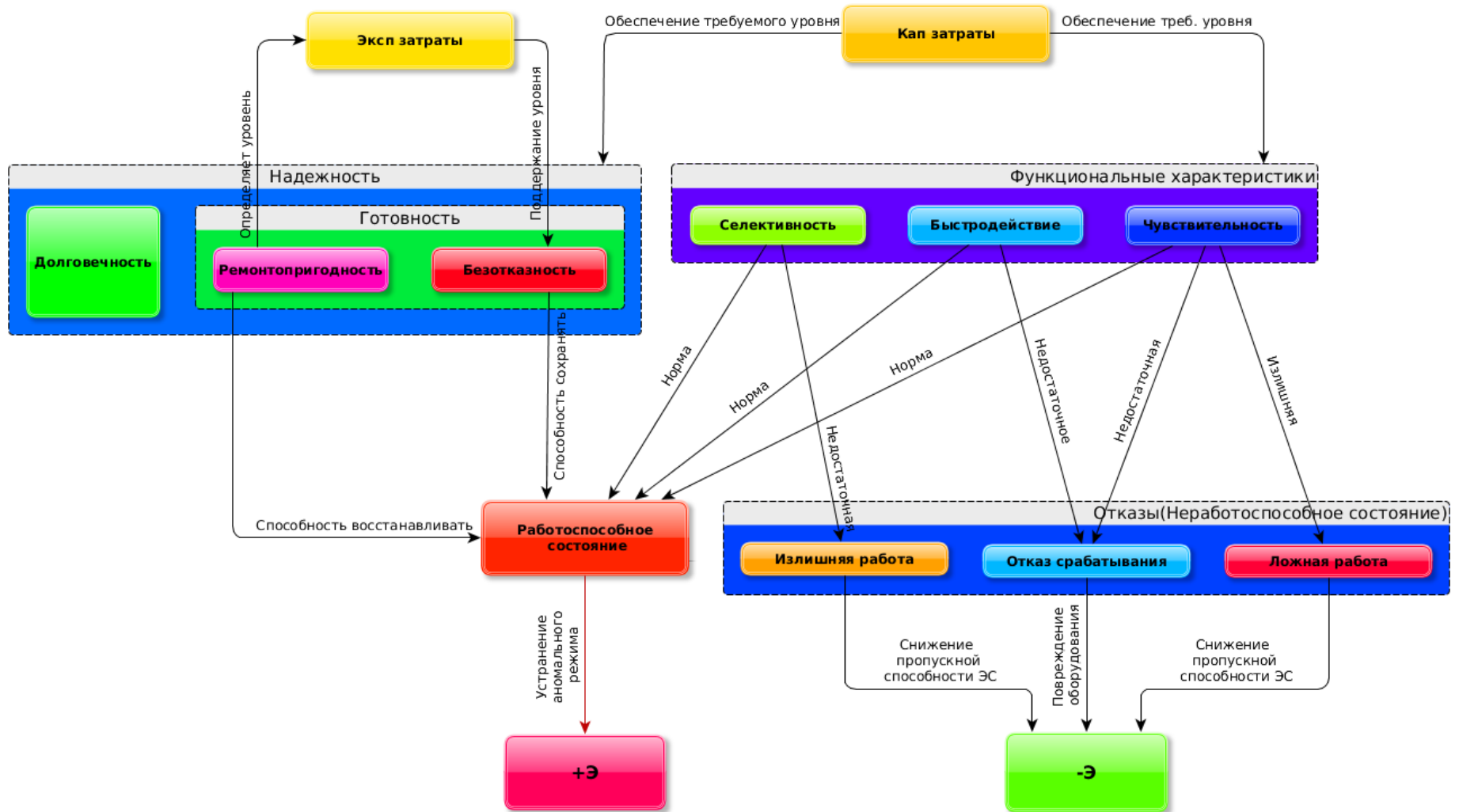


Централизованная или
распределенная?
Сравнительный анализ надежности
архитектурных решений систем РЗА
с цифровыми вторичными цепями.

Ivan Dorofeyev 2.6.15

Система технико-экономических характеристик РЗА



Показатели надежности РЗА как технической системы

- Безотказность(Срабатывания и Несрабатывания)
 - Средняя наработка между отказами.
 - Интенсивность отказов.
- Ремонтпригодность(Эксплуатационная технологичность)
 - Среднее время восстановления.
 - Время обнаружения
 - Время устранения
 - Интенсивность восстановления.
- Долговечность
 - Средний срок службы

Согласно "ГОСТ 27.003-90 Надежность. Общие правила задания требований по надежности", для системы РЗА, как для обслуживаемого изделия конкретного назначения непрерывного и длительного применения определяемым **комплексным показателем надежности, учитывающим безотказность и ремонтпригодность, является коэффициент готовности.**

Отказом системы РЗА считается такое нарушение исправного состояния системы при котором будет нарушено хотя бы одно из заданных свойств - селективности, быстродействия и чувствительности. Т.е.:

- Система будет бездействовать(или действовать с временем большим чем допустимо) при наличии условий работы.
 - отказ срабатывания при наличии повреждения(условий работы) в защищаемой зоне.
- Система будет действовать при отсутствии условий работы.
 - излишняя работа при наличии повреждения(условий работы) вне защищаемой зоны.
 - ложная работа при отсутствии повреждения(условий работы).

Проблемы определения ПН систем РЗА

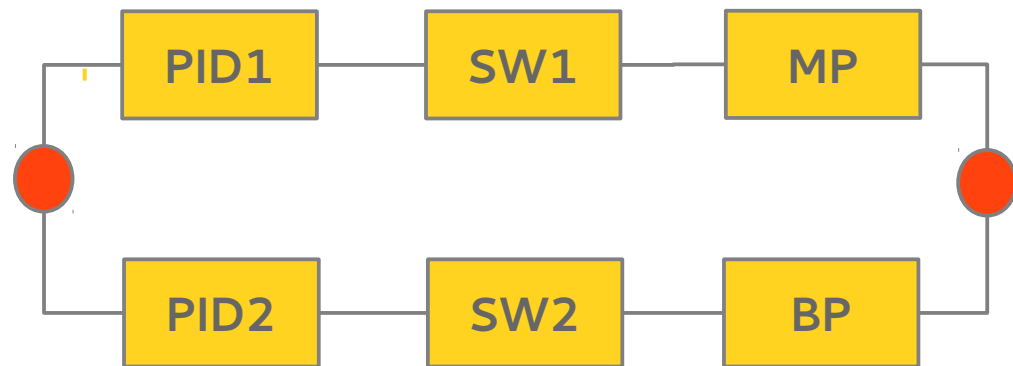
- В отличие от остальных технических характеристик надежность в настоящее время не нормируется в инженерном смысле.
- Для обеспечения единого обоснованного подхода к нормированию и определению ПН требуется на уровне НТД определить:
 - Номенклатуру показателей надежности(ПН)
 - Методы расчета ПН систем РЗА и их компонентов.
 - Нормативные обоснованные количественные значения показателей надежности.
 - Единые верифицированные источники исходных данных для расчета.
 - Методы сравнения результатов расчета ПН с нормативными значениями и друг с другом.
 - Методику уточнения расчетных значений ПН по результатам эксплуатации.
- Без обеспечения единого обоснованного подхода к определению и анализу количественных характеристик показателей надежности, любой расчет является лишь субъективной оценкой со всеми вытекающими последствиями. Основные из которых невозможность сопоставления результатов и затруднительность валидации приведенных расчетов.

Меры по обеспечению надежности. Диагностика

- Самый эффективный способ поддержания готовности системы.
- Кардинальным образом влияет на показатели ремонтпригодности, а именно на время обнаружения отказа, предотвращая образование т. н. скрытых отказов и дефектов.
- Ввиду высоких показателей безотказности отдельных компонентов, вероятность отказа функции по причине отказа второго критического компонента до устранения отказа первого крайне мала.
- При среднем времени восстановления 48 часов она составляет для защиты ВЛ порядка 10^{-4} для резервирования на уровне функции(традиционная система) и 10^{-6} для покомпонентного резервирования.
- Из этого следует, что диагностируемые элементы имеющие резерв допустимо не подвергать периодическим проверкам.
- Элементы не имеющие постоянной диагностики работоспособного состояния или не имеющие резерва и, при этом, являющиеся критическими для работы системы должны подвергаться периодическим проверкам и ППР с целью предупреждения внезапных отказов системы.
- В случае цифровых систем совершенно не сложно организовать, как диагностирование работоспособного состояния основных элементов системы, так и их резервирование и, тем самым, обеспечить высокий показатель времени обнаружения отказа.
- Возможность исключения периодических проверок в значительной части системы, и переход на восстановление по сигналу о предотказном состоянии или факту отказа элемента, снижает стоимость эксплуатации без последствий для готовности системы.

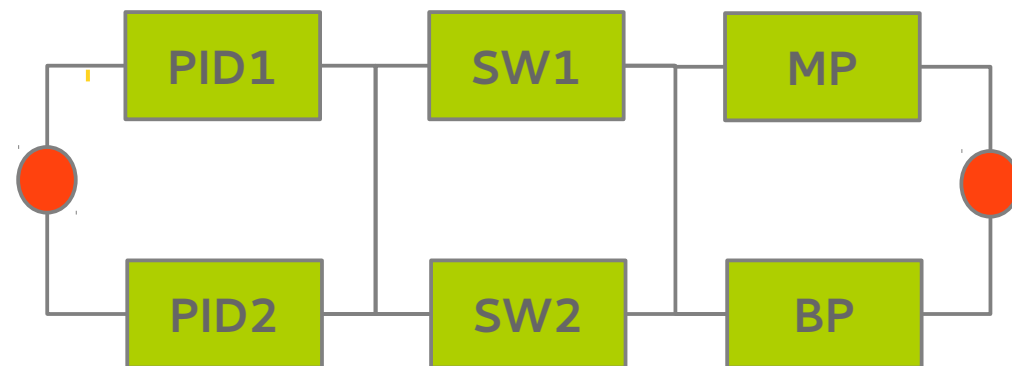
Меры по обеспечению надежности. Структурное резервирование

Функция целиком (в соответствии с
РД 34.35.310-97)



Два пути работоспособности

Покомпонентное

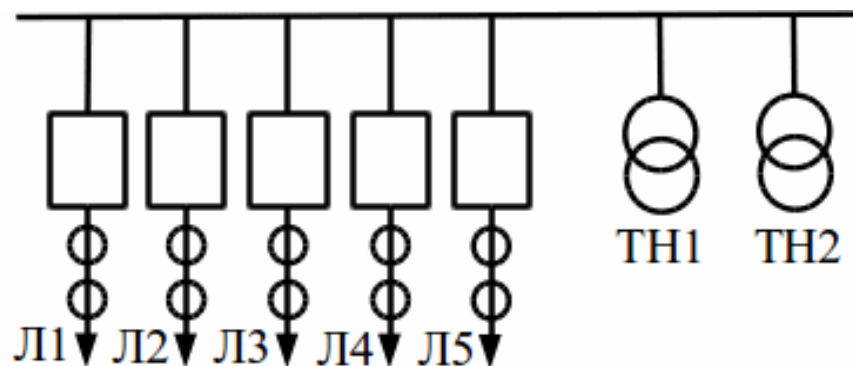


Восемь путей работоспособности

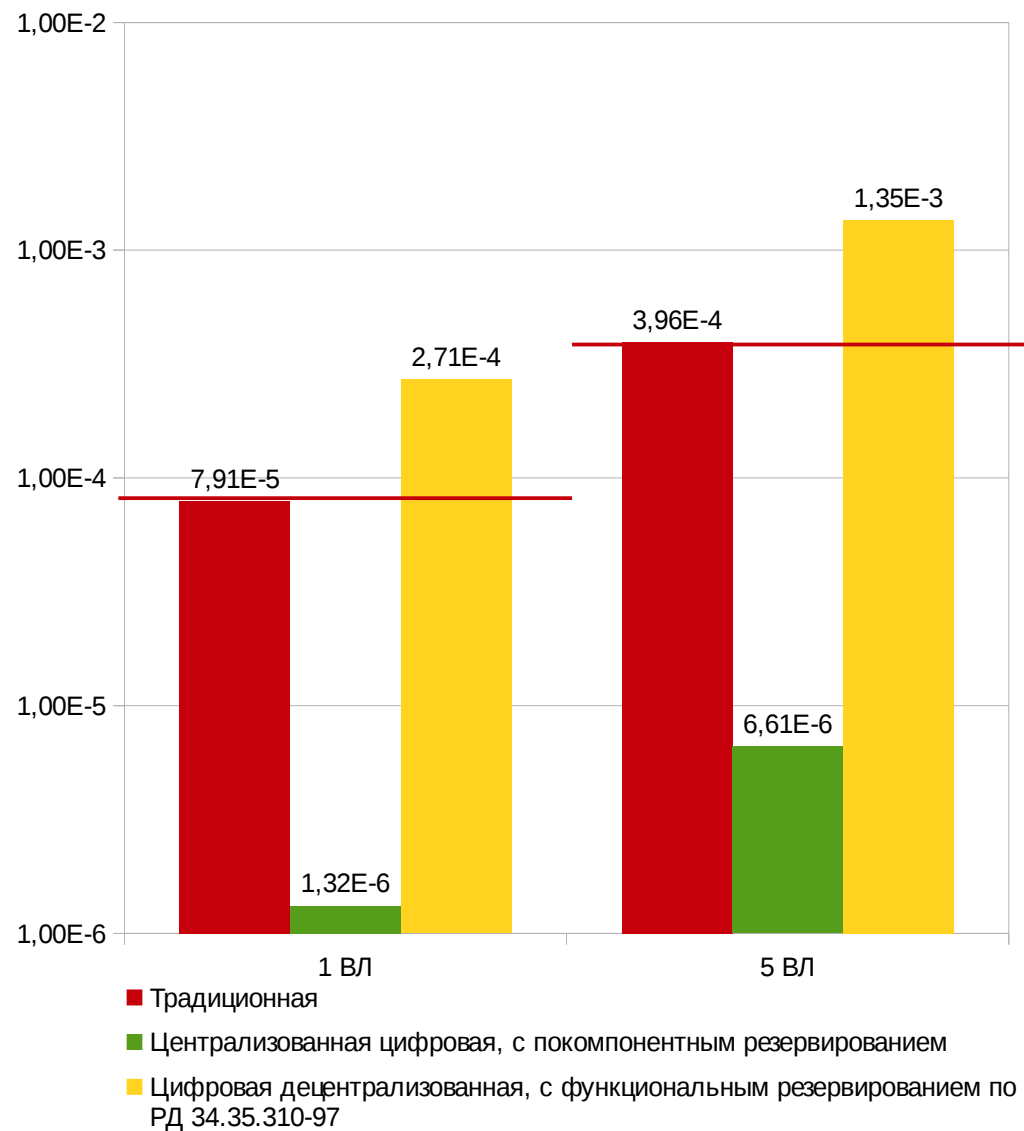
Как показывает расчет, показатели надежности системы с покомпонентным резервированием более чем на 2 порядка превосходят ПН системы с резервированием функции целиком. При этом обе системы синтезированы из одинаковых компонентов и отличаются только структурой. Таким образом положения РД 34.35.310-97, в части требований по максимально возможному разделению компонентов основной и резервной систем защиты, являются не состоятельными. Данные требования имеют смысл в случаях когда отказ основного компонента влечет за собой отказ резервного, если он соединен каким либо образом с основным. Эта ситуация характерна для аналоговых вторичных цепей и практически невозможна для цифровых.

Результаты расчета частоты отказов защиты ВЛ 110 кВ

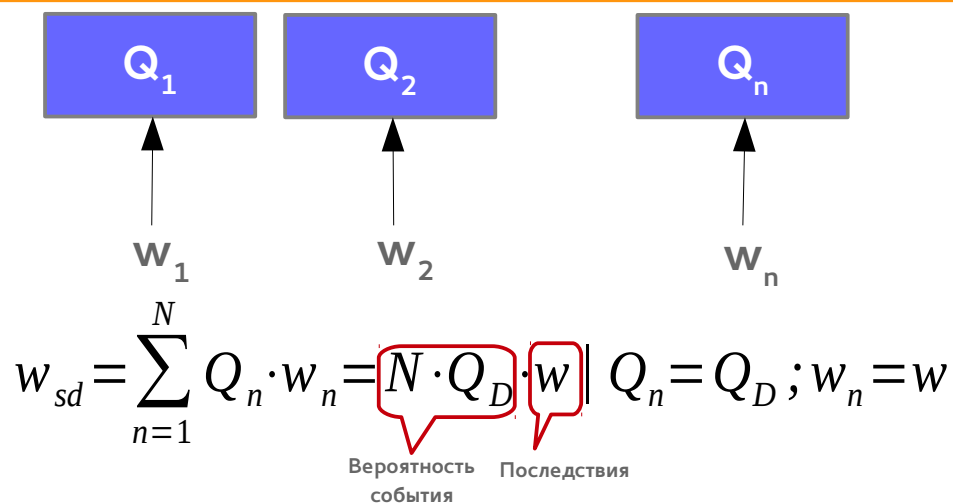
110 кВ



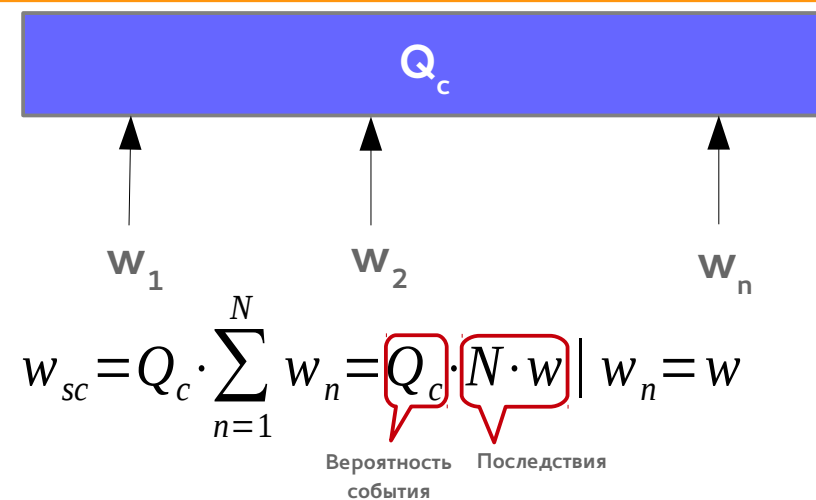
Цифровая децентрализованная система выполненная в соответствии с принципами заложенными в РД РД 34.35.310–97 имеет готовность ниже чем традиционная система. Таким образом, только лишь замена медных вторичных цепей на оптические с сохранением традиционной архитектуры, не обеспечивает современного уровня готовности РЗА.



Влияние централизации на ПН системы РЗА



Отказы происходят сравнительно часто с относительно скромными последствиями.



Отказы происходят сравнительно редко, но последствия тяжелее.

$$w_{sd} = w_{sc} \mid Q_c = Q_d$$

- Частота отказов в обслуживании независимых потоков событий системы не связана со степенью централизации такой системы, а зависит только от готовности системы защиты относительно потоков повреждений каждого из защищаемых элементов сети.
- Очевидно, что в централизованной системе менее затратно обеспечить более высокий показатель готовности чем у распределенной и соответственно снизить частоту отказов.
- Ввиду более высокой частоты появления дефектов распределенной системе требуется более интенсивное восстановление.
- Централизованная система ввиду более компактного расположения подвержена большим рискам полного отказа по причине внешних воздействий

Нормирование ПН РЗА

- Согласно ГОСТ Р МЭК 61508 "Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью." нормирование ПН систем безопасности осуществляется на основе приемлемого уровня риска.
- Для РЗА уровень риска определяется вероятностью наступления события(отказа) и наносимым тем самым ущербом.
- Требования по надежности функционирования систем защит должны быть обоснованы условиями работы защищаемых элементов первичной сети и общими требованиями по надежности электроснабжения. Для этих целей можно использовать показатель «технической эффективности», т.е нормировать допустимый ущерб, и исходя из него определять требуемую готовность системы РЗА.

$$M_{\text{норм}} > M = M_{\text{FT}} + M_{\text{МО}} + M_{\text{WT}}$$

Показатель «технической эффективности»

- Величина ущерба от отказов защиты при наличии повреждения в зоне действия защиты

$$M_{FT} = \sum_k w_k \cdot \sum_i t_i \cdot Q_{ti} \cdot \mathbf{C}_k(t_i)$$

w_k – интенсивность КЗ k – го вида .

t_i – время отключения КЗ .

Q_{ti} – вероятность исхода с временем t_i .

$C_k(t_i)$ – коэффициент определяющий

величину ущерба от события k – го типа в течение времени t_i .

- Величина ущерба от излишних срабатываний защиты при наличии повреждения вне зоны действия защиты

$$M_{MO} = \sum_j w_j \cdot \sum_n t_n \cdot Q_{tn} \cdot \mathbf{C}_j(t_n)$$

w_j – интенсивность КЗ и других возмущений

j – го вида на смежных объектах .

t_n – время отключенного состояния объекта .

Q_{tn} – вероятность исхода с временем t_n .

$C_j(t_n)$ – коэффициент определяющий

величину ущерба от события j – го типа в течение времени t_n .

- Величина ущерба от ложных срабатывания защиты

$$M_{WT} = \sum_k w_m \cdot \sum_p t_p \cdot Q_{tp} \cdot \mathbf{C}_m(t_p)$$

w_m – интенсивность отказов системы (ложных срабатываний) типа m .

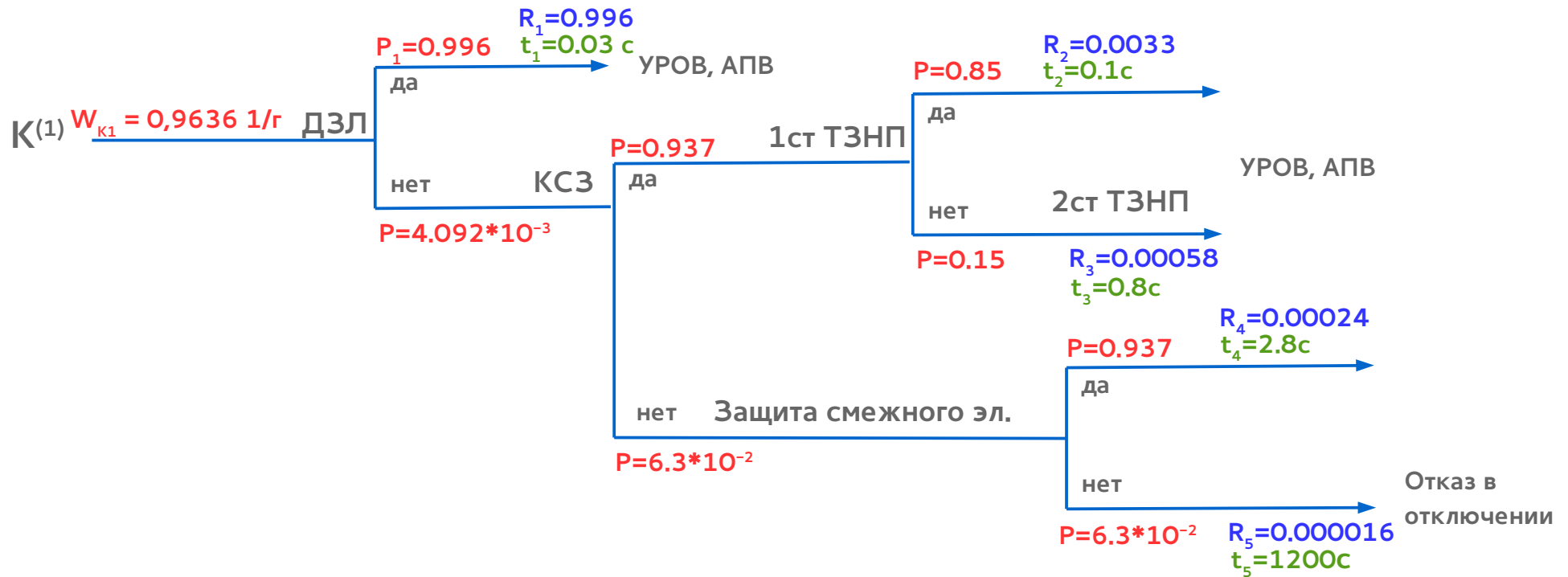
t_p – время отключенного состояния объекта .

Q_{tp} – вероятность исхода с временем t_n .

$C_m(t_p)$ – коэффициент определяющий

величину ущерба от события m – го типа в течение времени t_p .

Дерево событий при $K^{(1)}$ на ВЛ



$$M_{FT} = w_{K1} \cdot \sum_i t_i \cdot Q_{ti} \cdot C_{K1} = 0.0487 C$$

- На текущий момент невозможна дискуссия о надежности комплекса РЗА как технической системы в инженерном ключе ввиду отсутствия единого и обоснованного подхода к определению и анализу количественных характеристик показателей надежности, как того требует ГОСТ 27.301-95.
- Диагностика и структурное резервирование при правильном применении являются эффективными инструментами обеспечения надежности.
- Частота отказов системы РЗА не зависит от способа исполнения — децентрализованного и централизованного.
- Нормирование показателей надежности системы РЗА должно быть основано на требованиях со стороны защищаемого оборудования и общих требованиях по надежности электроснабжения на основании критерия «приемлемого риска».

Спасибо за внимание!!!

Россия, Москва,
Мироновская 33
Тел. (495) 660 12 00
Факс. (495) 365 31 89
www.lysis.su