

Совмещение передачи в одном телефонном канале информации связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики - технические и организационные аспекты

Кардинальные изменения в технологии и конструировании ВЧ аппаратуры, произошедшие в последнее время, использование цифровых методов обработки сигналов позволяют современному оборудованию ВЧ связи, за счет большого времени наработки на отказ и адаптации к условиям эксплуатации в реальном масштабе времени, обеспечить безаварийную передачу всех типов сигналов на уровнях напряжения ВЛ 35 – 1150 кВ.

Разработка ВЧ аппаратуры

- прогрессивные схемотехнические решения
- использование современной элементной базы, обладающей уникальными характеристиками на основе вновь создаваемых материалов
- изменение самого принципа разработки направленного не на достижение функциональных характеристик, а на обеспечение заданной надежности и Готовности аппаратуры. Соотношение времен собственно разработки и тестирования, выбранных решений, подчас достигает 10 / 90%. Как следствие, повторяемость характеристик аппаратуры при серийном изготовлении практически абсолютна.

Технология и конструирование ВЧ аппаратуры

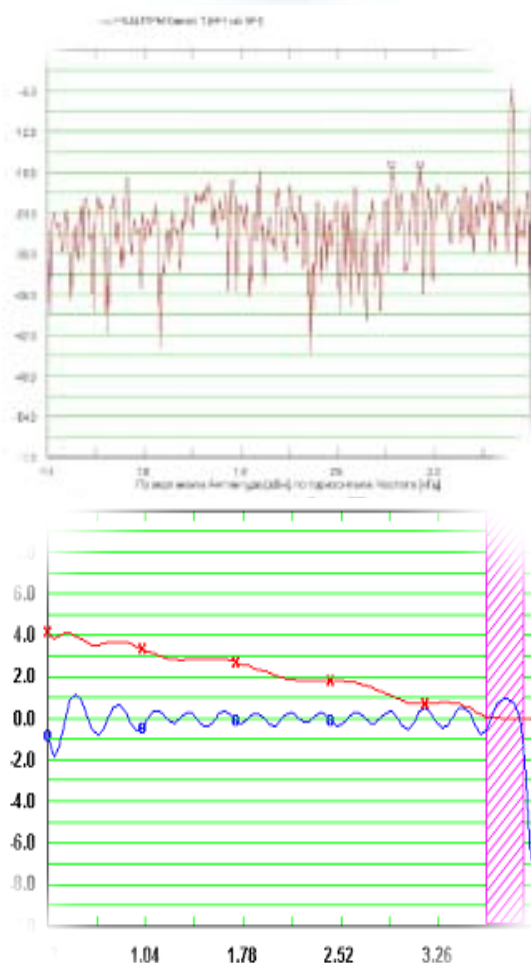
- ушли в прошлое «выскакивающие из ножек» электролитические конденсаторы. На смену им пришли малогабаритные и надежные танталовые кирпичики
- выпущены SMD-варианты практически всех мыслимых радиодеталей
- доведены до совершенства базовые конструктивы Евромеханика, CompactPCI и VME
- идет прогрессирующая замена пайки холодной диффузионной или лазерной точечной сваркой
- используются новые технологические и конструкционные материалы
- внедряются новые методы конструирования, позволяющие еще «на бумажном» этапе создания изделия предсказать все его эксплуатационные характеристики - температурную и долговременную стабильности, ЭМС и др.

Цифровая обработка сигналов

- выполнение большинства чисто «аналоговых» операций с сигналами цифровыми методами значительно снижает общее количество используемых компонентов системы и гарантирует стабильность результатов во всех условиях эксплуатации

Надежность

- комплекс указанных мероприятий позволяет достичь времен наработки на отказ 10 ... 30 лет



Адаптация к условиям эксплуатации

- синхронный режим работы приемника и передатчика
- наблюдение за качеством принимаемого и передаваемого сигналов
- компенсация неоднородностей системы
- автоматическое и ручное тестирование системы
- самодиагностика
- поддержка удаленного сетевого мониторинга



Передача всех типов сигналов

- выполнение цифровых операций не с самими сигналами, а с их спектрами позволяет за счет перераспределения доступного частотного и временного ресурса ВЧ канала связи передавать по нему различные типы информационных потоков

Доведение надежности каналов «связи» до уровня надежности «релейных» каналов способно решить извечную проблему двух служб в энергетике, по крайней мере, перевести ее из технической области в область организационную.

Технические проблемы

Предположим, по ВЛ 110 кВ проходит ВЧ тракт передачи сигналов телефонии и данных телемеханики. Неготовность комплекта аппаратуры связи составляет 0.000249, а линейного тракта 0.001182. При этом, как наихудший случай, рассматривается вариант необслуживаемой подстанции. Полная неготовность системы в этом случае составит 0.00143, что в 7 раз превосходит нормируемую величину неготовности для трактов РЗ и ПА 0.01.

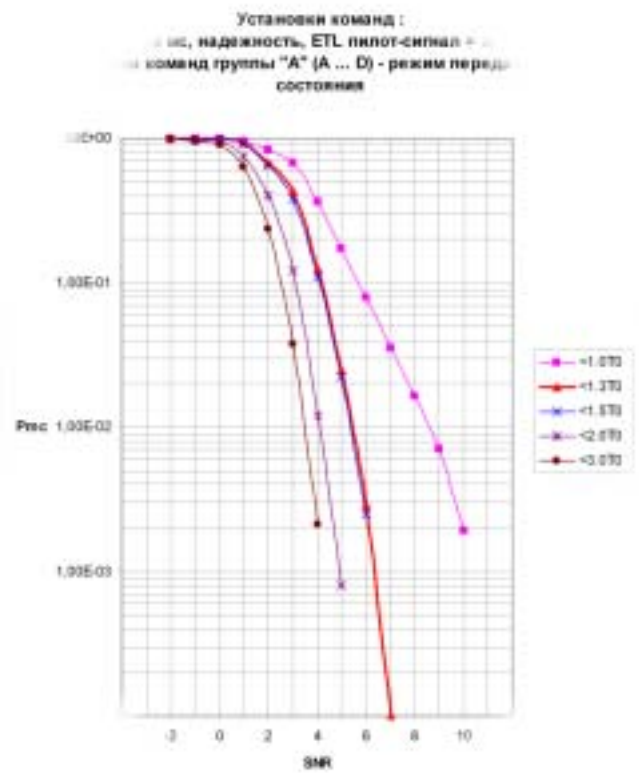
Такая неготовность комплекта связи - величина не выдуманная, а реально определяемая для современной аппаратуры

- временами наработки на отказ порядка 17 лет
- выполнением самодиагностики системы в реальном масштабе времени
- постоянной диагностикой параметров ВЧ тракта и т.д.

Что произойдет с такой системой при вводе в нее функций передачи сигналов команд РЗ и ПА?

Прежде всего, расширится состав аппаратуры. Неготовность дополнительных модулей для приема-передачи 24 команд РЗ и ПА составит 0.000178 на комплект. Поскольку эти модули постоянно самодиагностируются, то учтем их в общей неготовности системы дважды: как периодически контролируемые, и не контролируемые (выходные силовые цепи автоматической диагностики не подлежат). Тогда полная неготовность такой комплексной системы для случая передачи сигнала команд составит 0.00158, что в 6 раз превосходит нормируемую величину неготовности для трактов РЗ и ПА 0.01.

Абсолютно надежных систем не бывает, поэтому введем в наш тракт функцию периодического самотестирования именно канала передачи сигналов команд. Пусть с интервалом времени $T = 6$ часов передатчик посылает



ет в линию тестовую последовательность сигналов длительностью $t = 100$ мсек, приемник на противоположном конце линии принимает ее, обрабатывает и отправляет назад. Если переданная и принятая последовательности совпали, то тест считается выполненным правильно.

Естественно, что выходные силовые цепи системы не диагностируются, но зато тестируется линейный тракт. Это дает общее снижение неготовности системы к передаче сигналов команд до величины 0.000154, что в 65 раз превосходит нормируемую величину неготовности для трактов РЗ и ПА 0.01.

Для диагностики выходных силовых цепей системы все же надо проводить профилактические проверки. Оптимальное расчетное время проведения этих работ составит величину 6.3 года!

Все расчеты выполнены по методике, изложенной в «Рекомендациях по расчету надежности функционирования и обеспечения заданной надежности каналов связи для передачи информации системы противоаварийной автоматики» института «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ».

Приведенные выкладки чисто иллюстративны, но показывают, что не существует НИКАКИХ технических ограничений (с точки зрения Надежности системы и построения ВЧ терминала) по организации комплексных каналов связи.

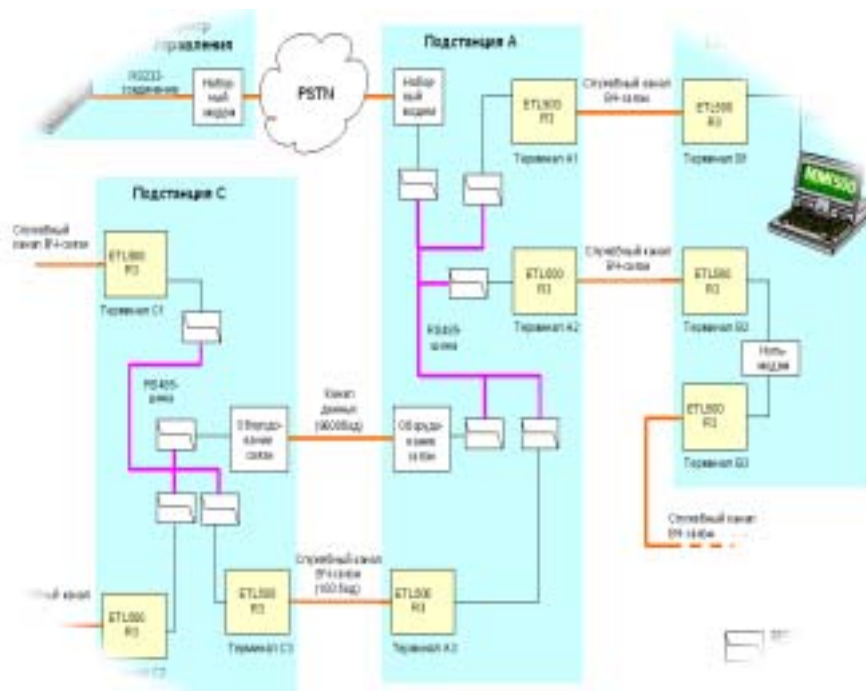
Организационные проблемы

Первая из них звучит так: а кто будет отвечать за такой канал? «Связисты», услышав слова «РЗ и ПА», машут руками и говорят: «Чур меня, чур...». «Релейщики» более спокойны - если канал связи не мешает их работе, то и черт с ним - пусть стоит. А телефонные окончания до узла связи дотянуть - нет проблем!

Такое решение имеет место быть, но более разумно другое (уже реализованное в некоторых энергосистемах) - объединить службы. Что лучше - можно решить только на месте.

Другая проблема состоит в перерыве работы каналов связи в случае передачи сигналов команд РЗ и ПА. Актуальна она или нет, зависит от места использования комплексного канала. Если линия - местечковая, по ней передается пара команд, да и то раз в год - проблемы нет.

Если же линия - системообразующая и по ней с завидной регулярностью передаются сигналы 10 ... 20 команд, то необходимо анализировать связной трафик - допускает он длительные/частые перерывы в работе, или нет. Например, для цифровых ВЧ каналов высокоскоростной передачи информации АС-КУЭ делать комплексный канал не стоит, и т.д. Общего рецепта быть не может - все зависит от Архитектора сети.



Проблема мониторинга

Более сложна проблема мониторинга состояния комплексного канала. По сути, он состоит из двух независимых подсистем, использующих одни и те же узлы аппаратуры. Но критерии оценки их работоспособности различны!

Простой пример - линейный тракт. Система постоянно измеряет затухание в линии и отношение сигнал/шум. Для канала связи аварийной станет ситуация, когда, предположим, затухание в линии увеличится до 29 дБ или отношение сигнал/шум понизится до 20 ... 26 дБ. В тоже время для подсистемы автоматики эти значения могут составлять 49 и 6 дБ!

Вводить различные системы сигнализации – дорого... Выключать канал, как регламентируется для систем РЗ и ПА, при каждой аварийной ситуации в общем ВЧ тракте - то же дорого...

Разумнее подойти к проблеме с двух сторон:

- сделать подсистему РЗ и ПА практически не допускающей возникновения ложных команд
- проранжировать все аварийные ситуации по степени их важности для работы подсистемы автоматики
- исключить автоматическую блокировку работы системы РЗ и ПА, и ввести ручной экспертный режим отключения

Это не так страшно, как кажется...

Ситуаций, при которых безусловно исключается прохождение сигналов команд, не так много: выполнение профилактических работ с аппаратурой, аппаратные и программные дефекты, полный выход из строя линейного тракта, снижение отношения сигнал/шум ниже определенной, наперед заданной производителем величины, увеличение затухания выше критического значения и некоторые другие.

Во всех остальных случаях вероятность правильного прохождения сигналов команд известна, и определяется либо производителем, либо по результатам статистических испытаний во время проведения сертификационных или межведомственных экспертиз.

При этом производитель ОБЯЗАН указывать в техническом паспорте на систему

- величину наиболее критичного параметра комплексного канала с точки зрения неготовности системы к передаче сигналов команд РЗ и ПА (например, $q = 0.01$ при отношении сигнал/шум 3 дБ; при этом предполагается, что собственная неготовность подсистемы РЗ и ПА значительно ниже)
- величину потока ложных срабатываний при наихудших условиях передачи (например, $w = 0.00000001$ при отношении сигнал/шум -12 дБ в шумовых вспышках длительностью 200 мсек)

Реально только эти события могут вызвать необходимость в отключении канала для отыскания причин неисправностей.

Все остальные аварийные ситуации для подсистемы автоматики могут рассматриваться как информационные, предупредительные, рекомендуемые или свидетельствующие о не правильной организации комплексного канала.

Естественно, все это надо правильно рассчитать, измерить и поверить, и привыкнуть...

Сокращение разовых затрат на создание и/или реконструкцию каналов за счет экономии частот, сокращения количества необходимой ВЧ обработки, уменьшения парка используемого оборудования связи и измерений, экономии площадей, тепло- и электроэнергии легко поддаются вычислению.

Даже если аппаратурные затраты в случаях построения классической пары «Связь + ПА» и комплексного канала соизмеримы (резервные каналы РЗ и ПА), все остальные режимы экономии сохраняются, и свидетельствуют в пользу новых решений.

Менее очевидная, но подчас более существенная экономия средств достигается за счет снижения эксплуатационных и ремонтных расходов, а так же уменьшения потерь от простоя неисправного канала.

Потери от простоя неисправного канала действительно уменьшаются, так как

- комплексные каналы можно и НУЖНО реализовывать только на ОЧЕНЬ надежном связном оборудовании, когда неготовность системы определяется только человеческим фактором и дефектностью линейного тракта (неготовность которого при использовании таких систем так же снижается)
- нужно выполнять в два раза меньше профилактических работ - для связи и автоматики одновременно
- используется один тип эксплуатационных, ремонтных, профилактических и измерительных средств для всех видов передаваемой информации. Унификация...

Возможность удаленной конфигурации и диагностики аппаратуры позволяет увеличить число необслуживаемых и малообслуживаемых подстанций

Если вы можете из Ростова управлять и диагностировать терминал установленный в Сарайчике, да и линия тупиковая, то зачем мучить людей?

На обслуживаемых подстанциях персонал получает в свое распоряжение обширную конфигурируемую систему сигнализации. Ведение самой аппаратурой «журнала состояния» дает возможность в любой момент времени прочитать всю «историю жизни» канала с момента его первого включения

Развитая система сообщений о состоянии канала и аппаратуры, с точной локализацией места или причины неисправности, служит основой для создания централизованных «сетевых» пунктов наблюдения и восстановления работы сети связи

| Время передачи | | | |
|--|-----|----------------------------|-----------------------|
| Номинальное время передачи, включая время обработки в ETL500 и время срабатывания входных/выходных контактов в G4A): | | | |
| Тип выходного контакта G4A): | | <u>твердотельный</u> | <u>обычный</u> |
| Номинальное время передачи TO | TO1 | 16 мс ¹ | 24 мс ¹ |
| | TO2 | 26 мс | 34 мс |
| Безопасность ($P_{\text{УС}}$ в соответствии с IEC 60834-1 при 200 мс шумовой вспышке/200 мс паузе) | | <u>надежность</u> | <u>«безопасность»</u> |
| | TO1 | $P_{\text{УС}} < 10^{-8}$ | 10^{-12} |
| | TO2 | $P_{\text{УС}} < 10^{-12}$ | 10^{-20} |
| Надежность (требуемое отношение сигнал / шум в полосе 4 кГц для $P_{\text{УС}} < 1\%$ в течение времени 1.3 TO) | | <u>надежность</u> | <u>«безопасность»</u> |
| | TO1 | 6 дБ | 9 дБ |
| | TO2 | 3 дБ | 6 дБ |

¹ для сигналов команд группы В с код13 ... код20 время передачи TO1 равно 18/26 мс

Оптимальным решением в этом случае может быть

- создание в сетевом хозяйстве пункта наблюдения (мониторинга) за состоянием всех установленных линий связи
- создание ремонтной бригады, обслуживающей значительный регион энергосистемы (его размеры вычисляются из общей неготовности подсистемы передачи сигналов команд РЗ и ПА: допустимого времени обнаружения и устранения неисправности)

Решающими факторами для внедрения новой техники в эксплуатацию должны стать

- обязательное прохождение производителями сертификационных и межведомственных экспертиз
- участие энергетиков в заводских испытаниях приобретаемого оборудования
- покупка Заказчиком не аппаратуры, а действующих каналов связи
- обеспечение производителем техническими знаниями всех заинтересованных служб энергетики
- легко доступная и оперативная техническая поддержка эксплуатации
- высокая готовность к работе, полный самоконтроль и удаленная диагностика, подключение к системе управления сетью, простота адаптации к условиям функционирования и быстрая переконфигурация
- высокая термостабильность параметров и устойчивость к старению
- максимальная защищенность от всех видов электромагнитных помех и электробезопасность - удовлетворение требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 30428-96, ГОСТ Р 50033-92, ГОСТ Р 50932-96 и Норм 9-93, "Product Standard IEC 60834-1" для аппаратуры телезащиты систем энергетики; "European EMC Directive 89/336/EEC" по электромагнитной совместимости и "Low Voltage Directive 73/23/EEC" по напряжению
- наработка на отказ 10 ... 20 лет

Распространение гарантийных обязательств Изготовителя не на «железо», а на работающий канал

Для этого надо

- в контракте четко сформулировать, о каких показателях качества идет речь
- в контракте установить допуски на эти показатели
- осуществлять контроль за показателями с обеих сторон
- установить размеры выплат для каждого случая нарушения условия контракта с любой из сторон

Для комплексной системы связи определяющими характеристиками являются качество передачи и надежность. В периоды готовности о качестве передачи можно судить, например, по величине отношения сигнал/шум в телефонном канале, вероятности возникновения ошибок в канале передачи данных или возникновении ложных команд в системе автоматики. Частота и длительность периодов неготовности может служить характеристикой надежности канала.

При задании допуска на величину готовности необходимо учитывать заранее определяемые времена выполнения профилактических работ и т.п.

Критерием отказа или перехода от состояния готовности к состоянию неготовности может служить продолжительность аварийной ситуации в течение времени Т.

Если величину готовности аппаратуры сложно определить, то можно оперировать эквивалентным понятием Суммарного времени простоя за определенный промежуток времени (в приведенном выше примере оно составляет 1.35 часа в год). Тогда если суммарная длительность простоев за определенный промежуток времени не превышает заданной величины, то условия контракта со стороны Изготовителя выполнены. В это время, безусловно, не должны входить «затяжки» по вине Заказчика и запланированные простои (не подтвержденные претензии Заказчика к изготовителю должны им компенсироваться).

Кроме суммарного времени простоя можно ограничить максимальную длительность единичного простоя, то есть гарантировать время восстановления.

И, конечно, можно установить минимальное время между периодами неготовности.

Разумеется, все это не бесплатно...

Так по требованиям МСЭ-Т М.1370 сертифицируемый прогон канала при проведении приемо-сдаточных испытаний должен составлять 24 часа. В течение этого времени все основные характеристики системы фиксируются и проверяются на соответствие заявленным.

Для подтверждения надежности по требованиям МСЭ-Т М.1016 минимальный период времени для которого устанавливается гарантированное отсутствия простоя является месяц, а для оценки эксплуатационной готовности период наблюдения должен составлять не менее трех месяцев.