

Развитие принципов технического обслуживания цифровых систем связи



Сторожук

Николай Леонидович,
кандидат технических наук,
генеральный директор НПП «КОМТЕХ»,
Санкт-Петербург



Белоруков

Владимир Александрович,
директор телекоммуникационного департамента
НПП «КОМТЕХ», Санкт-Петербург

Приведено краткое описание эволюции принципов технического обслуживания. Указаны причины ухудшения качества передаваемых сигналов и достижения в борьбе с этими явлениями. Сделаны выводы о потребности введения новых подходов к обеспечению качества.

1. Эволюция подхода к организации техобслуживания

Первые концепции техобслуживания (ТО) цифровой связи разрабатывались международными организациями на основе предположения, что цифровые каналы будут работать либо с наличием небольшого количества ошибок, либо с полным их отсутствием. Полагалось, что постепенное ухудшение качества, как в аналоговых системах, в цифровых каналах невозможно, так как вследствие сложности схем частые ошибки начнут размножаться и вызовут прерывание связи. С другой стороны, ожидалось появление отдельных ошибок в соответствии с законом распределения Пуассона. В результате были сформулированы следующие принципы ТО:

- отсутствие плано-предупредительных эксплуатационных измерений: внезапные отказы непредсказуемы и, следовательно, регулярные измерения качественных показателей цифровых сигналов не имеют смысла;
- отсутствие точных критериев качества: были установлены лишь пороговые значения, выраженные частотой повторения ошибок 10^{-6} (ухудшение) и 10^{-3} (прерывание связи);

- аварийные сигналы основывались на принципах распределенных ошибок;
- требования к объектам ТО: так как отказы являются непредвиденными, каждая единица оборудования должна уметь обнаруживать свои неисправности и блокировать аварийные сигналы на оборудовании, расположенном перед этой единицей и после нее;
- принципы локализации дефектов с помощью заикливания: так как трафик прерван, наиболее простой метод локализации дефекта состоит в выполнении последовательных заикливаний прямого и обратного направлений.

Эти принципы учитывались при разработке и эксплуатации большей части оборудования первого поколения. В аппаратуре присутствовала встроенная система контроля, сигнализирующая об «ухудшении» и «прерывании связи», а эксплуатационные измерения проводились от случая к случаю, как правило, при возникновении проблем в цифровых каналах.

Развитие цифровой сети связи показало, что основной постулат (т.е. работа либо без ошибок, либо

с их лавинообразным размножением) был неверным. Цифровая сеть также чрезвычайно чувствительна к большому числу факторов, вызывающих мгновенные сбои, которые могут также повторяться (микросбои, пакеты ошибок).

Таким образом, стало необходимо, прежде всего, пересмотреть сами параметры и критерии качества, а также принципы ТО и соответственно эксплуатационных измерений цифровых сетей.

2. Критерии качества

Практика эксплуатации цифровых сетей показала, что качество передачи может изменяться под воздействием различных факторов. Основные причины ухудшения качества цифровых сигналов представлены в табл.

Можно разбить перечисленные искажения на две категории.

В первую входят искажения, вызываемые непрерывными и импульсными помехами, последствия воздействия которых не могут корректироваться, но от этих помех можно защититься или устранить их источник. Такие искажения присутствуют в сигнале до ближайшего узла цифровой обработки, где в зависимости от своей величины приводят или не приводят к появлению ошибок.

Ко второй категории искажений относится дрожание фазы (джиттер) — нарушения, имеющие свойства накапливаться при прохождении узлов

цифровой обработки сигнала, но величину которых при помощи определенных мер можно ослабить до уровня, который намного ниже пороговых норм, исключив их, таким образом, из причин появления ошибок в цифровом сигнале. Особенностью данного вида искажений является то, что можно измерить непосредственно параметры самих искажений, а не только последствия, как в случае воздействия импульсных и непрерывных помех.

Измерять количество и коэффициент ошибок в цифровых каналах технические службы начали с момента ввода в эксплуатацию первых цифровых трактов. На основании данных этих измерений устранялись неисправности, иногда проводились упреждающие действия, накапливалась статистика, другими словами, проводилось ТО цифровых систем передачи.

С проблемами, вызванными фазовыми дрожаниями, связисты столкнулись в середине 1990-х годов, когда из-за джиттера на станционных стыках отечественной аппаратуры устанавливаемое в то время в массовом порядке импортное оборудование синхронной иерархии отказывалось воспринимать стыковые сигналы E1.

На решение этого вопроса был направлен ряд организационных и технических мер. В 1996 году приказом Министерства связи РФ были введены «Нормы на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей» (далее — «Нормы»).

Таблица

Источник помех		Вид искажений		
		Непрерывные	Импульсные	Дрожание фазы
Внешние помехи	Радиовещание	×		
	Подвижный приемопередатчик	×		
	Линия электропередачи	×	×	
	Электрифицированная железная дорога	×	×	
	Удар молнии		×	
	Электростатический разряд		×	
Внутренние помехи	Импульсная помеха от аналоговой цепи аппаратуры		×	
	Шум от плохих контактов		×	
	Выделение тактового сигнала методом самохронирования			×
	Выравнивание скоростей при мультиплексировании			×

Эти «Нормы» ввели две основные группы параметров качества цифровых каналов и трактов (ЦКит), а также по каждой группе были установлены следующие виды норм.

Нормы на показатели ошибок:

- эксплуатационные:
 - долговременные;
 - оперативные: нормы для ввода трактов в эксплуатацию; нормы технического обслуживания; нормы восстановления систем.

Нормы на показатели дрожания и дрейфа фазы:

- сетевые предельные нормы на иерархических стыках;
- предельные нормы на фазовое дрожание цифрового оборудования (в том числе характеристики передачи дрожания фазы);
- нормы для фазового дрожания цифровых участков.

Следует заметить, что «Нормы» дают также рекомендации по измерениям показателей качества. В документе указывается, что показатели дрожания и дрейфа фазы не относятся к статистическим параметрам и для их проверки не требуются длительные измерения. Однако с целью накопления статистических данных по первичной сети в первый год с момента введения «Норм» проверка показателей дрожания и дрейфа фазы была обязательной при вводе в эксплуатацию. В документе также говорится, что в некоторых случаях при невыполнении норм на коэффициент ошибок следует проводить дополнительные исследования фазового дрожания. Цель измерений состоит в том, чтобы убедиться в правильной работе цифрового канала или сетевого тракта с точки зрения передачи информации и выполнения действий по ТО. При этом предполагается, что участки транзита цифрового тракта (простые цифровые тракты) уже подвергнуты проверке на работоспособность в процессе настройки.

В этом документе также установлены предельные нормы на все вышеперечисленные параметры по джиттеру.

Отходя от устаревших критериев «ухудшение» и «прерывание связи», «Нормы» вводят следующие предельные значения показателей ошибок:

- ввод в эксплуатацию;
- ввод после ремонта;
- ввод с пониженным качеством;
- эталонная норма;
- вывод из эксплуатации.

Эти критерии задаются применительно к показателям ошибок ES и SES (секунда с ошибками и секунда, пораженная ошибками). Для ОЦК эти пара-

метры задаются исходя из коэффициента битовых ошибок, для каналов более высокого порядка — ошибок по блокам.

3. Принципы эксплуатационных измерений

Измерения на современном цифровом оборудовании ориентируются на контролируемое ТО в отличие от планово-предупредительного ТО, используемого для аналогового оборудования связи. При контролируемом ТО параметры, являющиеся критическими для работы оборудования, находятся под непрерывным наблюдением, и о любом выходе за заранее установленный порог немедленно сигнализируется.

3.1. Определения

Объект техобслуживания (ME — Maintenance Entity) определяется следующими принципами:

- различные единицы оборудования сети связи, образующие объекты ТО, соединяются друг с другом в последовательных точках интерфейса, которые могут быть легко идентифицированы, к которым относятся условия сопряжения, заданные для данного оборудования, и которые обладают средствами обнаружения их неисправностей и сбоев;

- если телекоммуникационное оборудование допускает двунаправленную передачу, а обычно оно включает в свой состав оборудование, передающее в двух направлениях, и, следовательно, эти два направления входят в один и тот же объект техобслуживания;

- при появлении в сети неисправности желательно, чтобы данные ТО были переданы на неисправный объект техобслуживания. Если для этого нет особых препятствий, эти данные должны быть переданы на наиболее близкий объект техобслуживания;

- данные ТО, переданные на некоторый объект, не должны вызывать данных ТО в других ME. Этот пункт сопрягается с понятием сигнала индикации неисправности, назначение которого состоит в прерывании распространения аварийных сигналов в случае прерывания передаваемого сигнала.

Аналогичным образом определяются понятия *сборки объекта техобслуживания* и *подобъекта техобслуживания*.

Сборка объекта техобслуживания (MEA — maintenance entity assembly) определяется следующими принципами:

- MEA является группой ME, объединенных в дополнительные целых ТО;

- все применяемые к ME требования действуют и для MEA;

- MEA может определять сбои и события ТО, которые не могут быть обнаружены объектами ТО;

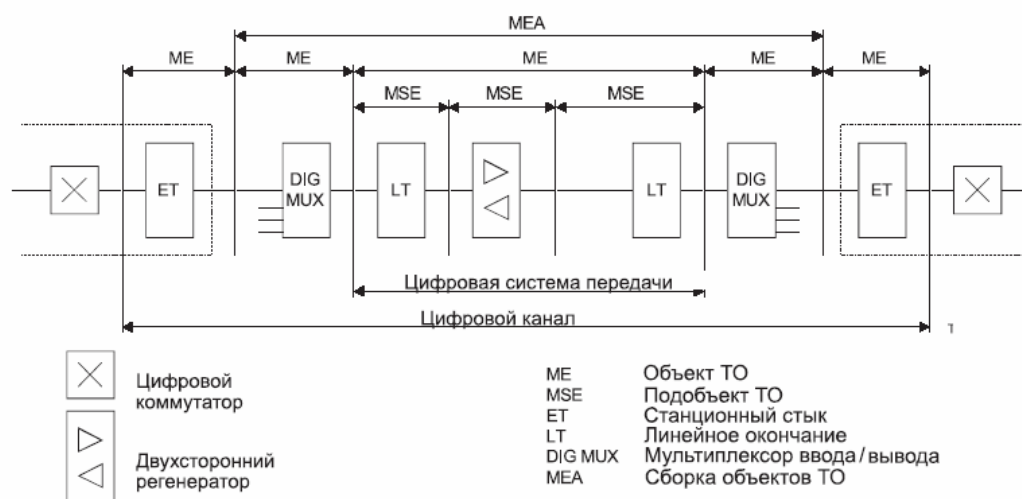


Рис.1. Концепция разбиения участка цифровой сети на ME, MSE и MEA

- MEA может обеспечивать передачу из конца в конец аварийной информации ТО, которая не может быть обеспечена объектами ТО;

- информация из конца в конец может собираться с использованием дополнительного контрольного оборудования.

Подобъект ТО (MSE — maintenance sub-entity) определяется следующими принципами:

- различные части MSE, составляющие ME, соединены последовательно и легко определяются по интерфейсным точкам;

- при возникновении сбоя внутри MSE желательно, чтобы индикация аварийной информации ТО появлялась на том ME, который содержит данный MSE;

- сбойный MSE должен определяться процессом локализации неисправностей и должен приводить только к идентификации сбойного ME;

- MSE обычно соответствует блоку, который заменяется в процессе операции ТО в случае сбоя.

На рис. 1 показана концепция разбиения на ME, MSE и MEA участка цифровой сети.

Один объект техобслуживания может вырабатывать данные различного типа:

- аномалии: аномалия представляет собой отличие между требуемыми характеристиками оборудования и измеренными характеристиками;

- сбой: сбой представляет собой ограниченное прерывание возможностей выполнения данной функции оборудованием. Повторяющиеся аномалии могут вызвать сбой;

- неисправность: неисправность представляет собой конец возможности выполнения данной функции оборудованием.

В зависимости от серьезности сбоя, обнаруженного оборудованием, и от степеней срочности, заранее определенных персоналом, организующим эксплуатационные измерения, могут вырабатываться следующие аварийные сигналы:

- аварийный сигнал немедленного ТО;
- аварийный сигнал отсроченного ТО;
- информация о событии ТО.

3.2. Процедура наблюдения за объектом техобслуживания

Процедура наблюдения за объектом техобслуживания может быть схематически сведена к алгоритму, показанному на рис. 2.

Первичные данные, обнаруживаемые оборудованием (ошибки кода, отсутствие сигнала и т.п.), вводятся в процедуру, позволяющую определить серьезность ошибки (аномалии или сбоя), а также частоту ее повторяемости. Затем с помощью статистической обработки, можно определить уровень качества и, следовательно, запустить соответствующие действия по ТО.

Все эти данные затем передаются обслуживающему персоналу через сеть управления телекоммуникациями.

Классический подход к организации ТО предусматривает прохождение по левой вертикальной ветви алгоритма (см. рис. 2). Этот процесс сходен с процессом контроля качества продукции «на выходе», когда отбракованная продукция выбрасывалась или утилизировалась, а процедуры поиска «слабого звена» запускались только при превышении определенных порогов.

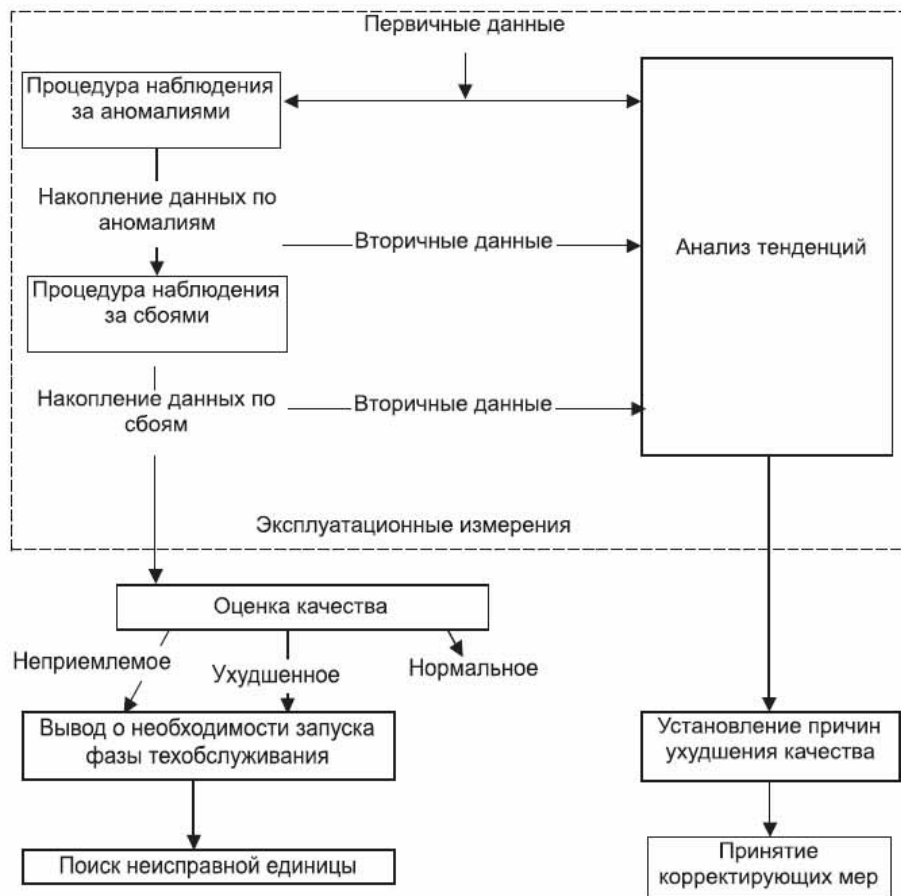


Рис. 2. Алгоритм наблюдения за объектом техобслуживания

Современные тенденции в области организации качества предусматривают контроль технологического процесса. Такой подход требует больших затрат, но обеспечивает меньший процент брака и лучшее качество продукта «на выходе». Применительно к процедурам ТО в сетях электросвязи это означает анализ ситуации, прогнозирование места возникновения неисправности и принятие превентивных мер по обслуживанию (правая вертикальная ветвь на рис. 2).

Заключение

Ситуацию, в которой ремонтно-восстановительные работы инициируются пользователем, невысоким качеством услуги, необходимо менять. Это возможно только при внедрении интеллектуальных систем прогнозирования мест возникновения неисправностей. Исходными данными для этой системы являются данные эксплуатационных измерений. При правильном подходе к проектированию и строительству сетей связи воздействие различных источников искажений сводится к минимуму. Соответ-

ственно, контроль мешающих влияний важен только на этапе ввода в эксплуатацию. При эксплуатационном обслуживании важна только оценка влияния различных искажений, в первую очередь, показателей ошибок. На основании статистических данных по ошибкам принимаются соответствующие меры по техобслуживанию и инициации дополнительных измерений.

Литература

1. Нормы на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральной и внутризоновых первичных сетей. Введены приказом № 92 Министерства связи Российской Федерации с 01.10.96.
2. Рекомендация O.171 — Аппаратура для измерения дрожания и дрейфа фазы в цифровых системах, основанных на плезियोхронной цифровой иерархии.
3. Рекомендация G.921 — Цифровые участки, основанные на иерархии 2048 кбит/с.
4. Рекомендация M.20 — Принципы ТО в сетях связи.

