

Об одном способе определения оптимальной периодичности профилактического обслуживания ВОЛС сети доступа

Приводится один из методов определения оптимальной периодичности технического обслуживания технических изделий.

Эта информация адресуется молодым специалистам, желающим творчески относиться к работе по техническому обслуживанию волоконно-оптических линий связи (ВОЛС)

В последние годы интенсивно развиваются сети фиксированного широкополосного доступа (ШПД). Из всех используемых вариантов организации ШПД перспективными считаются [1] технологии Ethernet и пассивной оптической сети (PON). При этом основной средой передачи сигналов являются волоконно-оптические кабели.

Технология Ethernet предполагает использование активного оборудования (коммутаторов) для обеспечения оптических соединений “точка-точка” (или “точка-многих точек”) между домами и центральным узлом оператора связи. В многоквартирных домах доступ к каждому абоненту осуществляется на основе медной кабельной проводки.

PON может иметь различную топологию. Наиболее распространенной из них является топология “дерево”, где волокно от центральной станции разветвляется с помощью пассивных оптических делителей сигнала (сплиттеров). Внутри оптической распределительной сети нет активного оборудования. Активное оборудование размещается только на центральной станции (оператора связи), где располагается устройство OLT (Optical Line Terminal)- терминал оптической линии. Интерфейс OLT через оптическую распределительную сеть широкополосным соединением связан с множеством ONU (Optical Network Unit-оптический сетевой блок), которые устанавливаются в помещениях пользователей (абонентов). Количество ONU, которые могут быть обслужены одним интерфейсом OLT, зависит от применяемой PON-технологий и обычно равно 32,64 или 128. За счет разнесения приема и передачи по разным длинам волн обеспечивается возможность использовать одно волокно. Для более распространенных схем PON ONU передает на длине волны 1310нм, OLT – на 1490нм. К PON может быть добавлен сигнал кабельного телевидения на длине волны 1550нм.

На рис. 1 приведена упрощенная схема одного из направлений связи древовидной архитектуры сети PON.

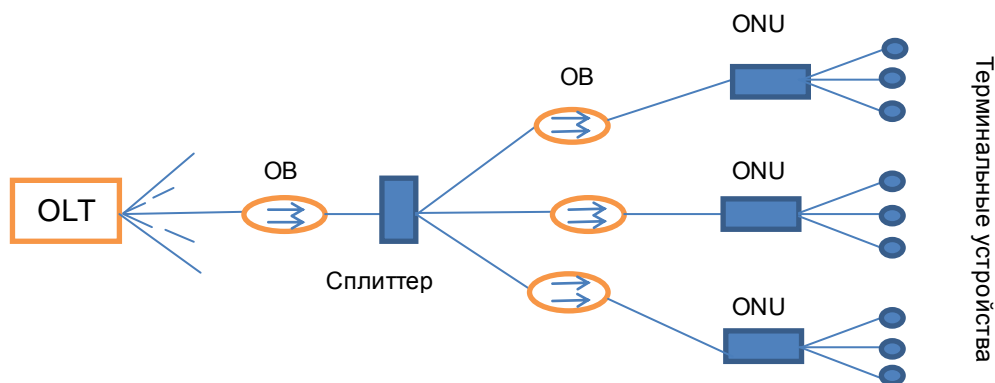


Рис. 1. Фрагмент древовидной архитектуры сети PON. ОВ-оптическое волокно.

Из этой типичной схемы видно, что от OLT до абонента (ONU) информационный трафик передаваемый по кабельной линии распределяется неравномерно. Максимальный трафик передается между OLT и сплиттером (разветвителем), минимальный – по абонентскому кабелю (сплиттер-ONU). Эта особенность схемы определяет структуру системы обслуживания сети доступа

К надежности участка OLT-сплиттер предъявляются более высокие требования, так как от его отказа или неисправности (ухудшение качества передачи сигналов) прерывается или ухудшается связь с определенной группой абонентов (рис.1).

Сети доступа являются весьма разветвлёнными, сложными. Большое количество линий обуславливает значительный объём работ по их техническому обслуживанию. Поэтому оптимизация периодичности обслуживания их имеет важное экономическое значение.

К настоящему времени разработаны несколько вариантов систем обслуживания технических изделий. Одним из ранних и наиболее распространенных являются система профилактического обслуживания. Основными операциями её являются внешний осмотр технических изделий, проведение измерительных работ, анализ результатов измерений и, в случае необходимости, принятие соответствующих мер по восстановлению проектной работоспособности изделия.

Последующие системы обслуживания используют устройства диагностического, прогнозирующего и других видов контроля, вычислительную технику, устройства отображения и т.п. Они являются более эффективными и, разумеется, дорогими. Применение их на сетях доступа требует обоснования технической и экономической целесообразности. Поэтому ниже рассматривается только система профилактического обслуживания.

Как известно [2, 3] основными характеристиками профилактического обслуживания технических систем (в нашем случае ВОЛС) являются периодичность профилактики t_n , т.е. время между двумя очередными профилактическими обслуживаниями, и продолжительность профилактики $t_{пр}$.

С точки зрения непрерывной работоспособности ВОЛС целесообразно профилактику проводить возможно реже (т.е. иметь t_n побольше), а продолжительность обслуживания (производство различных измерений, осмотров и т.п.) $t_{ор}$ уменьшить. В этом случае коэффициент использования ВОЛС $K_{и}$ будет достаточно большим.

$$K_{и} = t_{\Sigma p} / T_{\Sigma}, \quad T_{\Sigma} = t_{\Sigma p} + t_{\Sigma пр} + t_{\Sigma е},$$

где - $t_{\Sigma p}$ общее время работы ВОЛС в течение срока эксплуатации T_{Σ} ,

$t_{\Sigma пр}$ – суммарное время обслуживания за время T_{Σ} ,

$t_{\Sigma е}$ - суммарное время ремонта за период эксплуатации.

Но при больших значениях t_n вероятность безотказной работы ВОЛС может выйти за допустимые пределы, а при малом времени профилактического обслуживания $t_{пр}$ увеличивается вероятность необнаружения всех имеющихся дефектов.

Следовательно, требование увеличения коэффициента использования K_u и одновременного поддержания вероятности безотказной работы на заданном уровне находится в противоречии. Задача заключается в том, чтобы найти такие оптимальные значения $t_{n \text{ опт}}$ и $t_{np \text{ опт}}$, при которых вероятность нахождения ВОЛС в исправном состоянии $P(t)$ будет не ниже заданного уровня.

Для нахождения оптимального значения периодичности профилактического обслуживания t_n используем выражение, связывающее основные критерии профилактики t_n и t_{np} . Таким выражением является эффективность использования ВОЛС:

$$P_{эу} = K_u P(t_n). \quad (1)$$

Эффективность использования ВОЛС есть вероятность того, что в любой момент эксплуатации она будет находиться в рабочем состоянии (K_u), и что до очередного профилактического обслуживания, т. е. в течение времени t_n , она не откажет в работе [$P(t_n)$].

Если в (1) подставить выражения коэффициента использования K_u и вероятности безотказной работы, то получим.

$$P_{эу} = \frac{t_{\Sigma p}}{t_{\Sigma p} + t_{\Sigma np} + t_{\Sigma \epsilon}} \cdot e^{-\lambda t_n} \quad (2)$$

Допустим, что продолжительность профилактического обслуживания t_{np} постоянна и мала по сравнению с периодичностью профилактики, т. е.

$$t_{np} = \text{const}, t_{np} \ll t_n,$$

и что суммарное время восстановления работоспособности ВОЛС после ремонта $t_{\Sigma \epsilon}$ зависит только от времени эксплуатации $T_{э}$, причем

$$T_{э} = t_{\Sigma p} + t_{\Sigma np} + t_{\Sigma \epsilon} \quad (3)$$

Следовательно, для заданного времени эксплуатации $t_{\Sigma \epsilon} = \text{const}$. Тогда с учётом принятых допущений и выражения (3)

$$P_{эу} = \frac{T_{э} - t_{\Sigma np} - t_{\Sigma \epsilon}}{T_{э}} \cdot e^{-\lambda t_n} = \frac{T_{э} - \frac{T_{э}}{t_n} t_{np} - t_{\Sigma \epsilon}}{T_{э}} \cdot e^{-\lambda t_n} = \left(1 - \frac{t_{np}}{t_n} - \frac{t_{\Sigma \epsilon}}{T_{э}} \right) e^{-\lambda t_n}, \quad (4)$$

где $T_{э}/t_n$ – количество профилактических обслуживаний за время $T_{э}$.

Необходимо найти такое значение периодичности профилактического обслуживания t_n , при котором эффективность использования ВОЛС $P_{эу}$ будет иметь максимальное значение.

Следовательно, задача сводится к отысканию экстремума выражения (4). Значение t_n , при котором $P_{эу}$ будет максимальной, очевидно, и будет искомым оптимальным значением $t_{n \text{ опт}}$.

В том, что выражении (4) имеет максимум, можно убедиться проанализировав изменение сомножителей этого выражения с изменением t_n . Так, при принятых допущениях множитель в скобках является возрастающей функцией t_n (за счет убывания первого вычитаемого). Второй множитель, т.е. $e^{-\lambda t_n}$, является монотонно убывающей

функцией t_n от 1 при $t_n = 0$ до 0 при $t_n = \infty$ и конечном значении интенсивности отказов λ . Но при $t_n = 0$, т.е. непрерывном нахождении ВОЛС на профилактике, эффективность использования ВОЛС, очевидно, равна 0, т.е., $P_{эн} = 0$.

Таким образом, равенство $P_{эн}$ нулю при $t_n = 0$ и $t_n = \infty$ предполагает существование, по крайней мере, одного её максимума, который надо отыскать общеизвестными методами. Для этого надо найти значения t_n , при котором производная выражения (4) равна нулю.

Это и будет $t_{n\text{ont}}$. Итак,

$$P_{эн} = \left(1 - \frac{t_{np}}{t_n} - \frac{t_{\Sigma\varepsilon}}{T_\varepsilon}\right) e^{-\lambda t_n}, \text{ тогда}$$

$$P_{эн} = \frac{t_{np}}{t_{n\text{ont}}^2} e^{-\lambda t_{n\text{ont}}} - \lambda \left(1 - \frac{t_{np}}{t_{n\text{ont}}} - \frac{t_{\Sigma\varepsilon}}{T_\varepsilon}\right) e^{-\lambda t_{n\text{ont}}} = 0,$$

$$e^{-\lambda t_{n\text{ont}}} \left[\frac{t_{np}}{t_{n\text{ont}}^2} - \lambda \left(1 - \frac{t_{np}}{t_{n\text{ont}}} - \frac{t_{\Sigma\varepsilon}}{T_\varepsilon}\right) e^{-\lambda t_{n\text{ont}}} = 0 \right] \quad (5)$$

Так как произведение двух множителей равно нулю, хотя бы один из них. Но $e^{-\lambda t_{n\text{ont}}}$ может быть равным нулю только при $t_n = \infty$, что неприемлемо. Поэтому приравнивается нулю второй сомножитель, т.е.

$$\frac{t_{np}}{t_{n\text{ont}}^2} - \lambda \left(1 - \frac{t_{np}}{t_{n\text{ont}}} - \frac{t_{\Sigma\varepsilon}}{T_\varepsilon}\right) = 0. \quad (6)$$

Путём алгебраических преобразований из (6) можно получить квадратное уравнение относительно $t_{n\text{ont}}$

$$\lambda(T_\varepsilon - t_{\Sigma\varepsilon})t_{n\text{ont}}^2 - \lambda t_{np} T_\varepsilon t_{n\text{ont}} - T_\varepsilon t_{np} = 0. \quad (7)$$

$$\text{Тогда } t_{n\text{ont}} = \frac{\lambda t_{np} T_\varepsilon \pm \sqrt{\lambda^2 t_{np}^2 T_\varepsilon^2 + 4\lambda(T_\varepsilon - t_{\Sigma\varepsilon})T_\varepsilon t_{np}}}{2\lambda(T_\varepsilon - t_{\Sigma\varepsilon})} \quad (8)$$

Таким образом, используя данные полученные путем наблюдения в процессе эксплуатации ВОЛС значения t_{np} , t_n , λ , $t_{\Sigma\varepsilon}$ (для каждого типичного участка линии) и формулу (8) можно определить величину $t_{n\text{ont}}$ - оптимальную периодичность профилактического обслуживания ВОЛС. Более подробно с этой темой можно ознакомиться в работе [3].

Список использованной литературы

1. Горнак А. Выбор для ШПД // Connect ! мир связи.-2011.№5-с.50-53.
2. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математической подход. Пер. с нем.-М.: радио и связь, 1988.-392с.
3. Жигилей В.С. Профилактика технических устройств с учетом их надежности .-А.: ЛВИКА им. А.Ф. Можайского.-1967. -37с.

Подготовил Берганов И.Р.