

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗИРУЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧ

© 2011 А.А. Воронков¹, Л.Н. Шафигуллин²

¹ Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

² ОАО «Таттелеком»

Поступила в редакцию 25.11.2011

В статье рассмотрена инновационная технология прогнозирующего контроля параметров при техническом обслуживании волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП). Обоснован выбор прогнозирующей стратегии. Показана на примере расчета реализация данной технологии для оценки эффективности технического обслуживания линейно-кабельных сооружений ВОЛП по критерию надежности функционирования.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, прогнозирующий контроль, линейно-кабельные сооружения, волоконно-оптическая линия передачи, качество, надежность*

Высокий уровень надежности функционирования современных сетей электросвязи не может быть обеспечен без организации эффективного технического обслуживания волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП). Система технического обслуживания линейно-кабельных сооружений связи (ЛКС) представляет собой комплекс взаимосвязанных подразделений, технических средств, а также нормативных документов и технологий, определяющих порядок выполнения работ по техническому обслуживанию ВОЛП для обеспечения заданных показателей качества и надежности передачи информации [1]. Главной предпосылкой эффективной организации технического обслуживания ВОЛП следует считать обоснованный выбор технологии обслуживания, определяющей набор и периодичность выполнения необходимых работ на протяжении всего срока службы ЛКС. Очевидно, что при больших затратах на строительство такого дорогостоящего сооружения, как ВОЛП, целесообразно планировать эффективную технологию обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Для оптимизации решений необходимо, чтобы вопросы организации эксплуатации были учтены уже на стадиях проектирования и строительства объекта [2]. Создание эффективной системы технического обслуживания ВОЛП обеспечит на практике полную реализацию назначенного ресурса (не менее 25 лет эксплуатации), сократит время простоя из-за отказов ЛКС, уменьшит эксплуатационные затраты.

Известно, что техническое обслуживание включает организационные и технические мероприятия, которые в общем случае могут рассматриваться как стратегия, имеющая четко поставленные цели функционирования и реализуется через определенные технологии. Главным при выборе технологии обслуживания ЛКС является наличие исходной информации о состоянии отдельных компонентов линейного тракта. Наиболее полная информация о состоянии объекта технической эксплуатации может быть получена при непрерывном мониторинге объекта и наличии исходной базы данных. В нашей стране накоплен значительный опыт эксплуатации сложных распределенных систем: трубопроводов различного назначения, кабельных линий и т.п. Технологии обслуживания подобных объектов, классифицируют следующим образом [3-5]. Это обслуживание объекта до выхода его из строя, обслуживание объекта по регламенту, обслуживание по фактическому техническому состоянию объекта (прогнозирующий контроль). В первом случае обслуживание объекта определяется его наработкой на отказ. Обслуживание по регламенту предусматривает выполнение планово-предупредительных работ (ППР), периодичность каждой из которых для однотипных объектов строго регламентирована независимо от местных условий. Технология обслуживания по фактическому техническому состоянию объектов (прогнозирующий контроль) основана на техническом диагностировании и прогнозировании состояния объекта, что и определило ее другое название – стратегия экспертно-диагностического обслуживания.

С помощью средств технического диагностирования проводят непрерывный или периодический контроль параметров состояния ВОЛП. На основании результатов диагностирования и контроля принимают решения о необходимости

Воронков Андрей Андреевич, кандидат технических наук, профессор кафедры линий связи. E-mail: voronkov@srttc.ru

Шафигуллин Лутфулла Нурисламович, генеральный директор. E-mail: info@tattelecom.ru

проведения регламентных работ, о составе, объеме и времени проведения этих работ, а также о времени проведения очередного контроля технического состояния. При непрерывном мониторинге объекта прогнозирование выполняется для определения времени, в течение которого сохранится его работоспособное состояние, а при периодическом контроле – для определения момента времени следующего контроля.

Различают статистико-профилактическую и восстановительную технологию экспертно-диагностического обслуживания. Статистико-профилактическая технология строго регламентирует только периодичность комплексной проверки состояния объекта, а периодичность регламентных работ устанавливается в зависимости от результатов проверки с учетом фактического состояния устройств и статистических данных о надежности их работы в предшествующий проверке период. При реализации восстановительной технологии регламентные работы вообще не проводятся, а осуществляется лишь восстановление ОТЭ после отказов и некоторые дополнительные работы. Из всех рассмотренных выше технологий обслуживания сложных систем наилучшие технико-экономические показатели обеспечивает технология экспертно-диагностического (прогнозирующего) обслуживания согласно [3]. Для ее реализации необходимо, чтобы темпы проведения ремонтно-восстановительных работ (РВР) были не ниже темпов роста числа опасных дефектов.

Главным в выборе технологии обслуживания ВОЛП является наличие исходной информации о состоянии отдельных компонентов линейного тракта. Наиболее полная информация о состоянии объекта эксплуатации может быть получена при непрерывном мониторинге объекта и наличии исходной базы данных. Очевидно, что принципиальным моментом для реализации экспертно-диагностического обслуживания на протяженных объектах является построение системы мониторинга их параметров. При профилактической технологии обслуживания периодичность каждой регламентной работы для однотипных устройств строго регламентирована независимо от местных условий. Процесс технического обслуживания при выборе профилактической технологии включает в себя регламентные работы, дополнительные работы, работы по восстановлению объекта технической эксплуатации (ОТЭ) после отказов и комплексные проверки состояния ОТЭ. Объем работы при такой стратегии по техническому обслуживанию $Q_i(t)$ на определенном объекте i за время t определяется количеством и трудоемкостью отдельных операций, их периодичностью и выражается согласно [6]:

$$Q_i(t) = \sum_{j=1}^K \frac{T_{pj}t}{t_{pj}} + \sum_{C=1}^V T_{лс} + T_{cp.vi} m_i + T_{ni} n_i \quad (1)$$

где: T_{pj} – нормированное время выполнения одной регламентной работы ($j=1,2... K$), K – число выполняемых работ; t_{pj} – периодичность j -ой регламентной работы; $T_{лс}$ – нормированное время выполнения C -ой дополнительной работы по плану повышения надежности, в котором V – объем работ; $T_{cp.vi}$ – средние затраты труда на восстановление i -го ОТЭ после отказа; m_i – среднее число отказов за период t ; T_{ni} – затраты труда на комплексную проверку устройств на i -ом ОТЭ; n_i – количество комплексных проверок за время t .

Анализ затрат труда технического персонала на техническое обслуживание ОТЭ при использовании профилактической технологии показал, что на выполнение регламентных работ при обслуживании затрачивается до 80% суммарного времени, определяемого формулой (1), поэтому основное внимание при оптимизации системы технического обслуживания должно быть уделено совершенствованию и возможному сокращению объема регламентных работ. Для этого, как видно из формулы (1), есть 3 пути: сокращение набора регламентных работ j ; управление периодичностью регламентных работ (t_{pj}); снижение трудоемкости T_{pj} отдельных операций за счет совершенствования технологии выполнения работ. Управление набором регламентных работ и их периодичностью зависит от выбранной технологии обслуживания. Таким образом, профилактическая стратегия по трудовым затратам и, предположительно, по другим критериям является наименее эффективной, поэтому в настоящее время весьма актуальным является переход от профилактической к статистико-профилактической (прогнозирующей) и восстановительной стратегиям.

Для оценки эффективности технологии обслуживания рассмотрим важнейший показатель – коэффициент готовности ОТЭ. Критерием оптимальности стратегии технического обслуживания будем считать максимизацию коэффициента готовности ВОЛП. Корень уравнения (2) τ является оптимальным периодом профилактики по критерию максимизации коэффициента готовности K_g [6]

$$\frac{T_{лс}}{T_a - T_{лс}} = -F(\tau) + \lambda(\tau) \int_0^{\tau} P(x) dx + \frac{\int_0^{\tau} x f(x) dx}{(T_a - T_{лс}) P(\tau)} \quad (2)$$

где: $T_{лс}$ – средняя длительность профилактических работ; T_a – средняя длительность аварийного ремонта; $F(\tau)$ – функция распределения времени работы ОТЭ до отказа; $\lambda(\tau)$ – интенсивность отказов ОТЭ; $P(x)$ – функция времени безотказной работы ОТЭ; $f(x)$ – функция плотностей времени работы ОТЭ до отказа.

Используя исходные данные по периодичности и длительности работ на ВОЛП согласно [5] при прогнозирующей стратегии обслуживания и подставляя найденный из уравнения (2)

корень τ в выражение (3), можно определить максимальное значение K_g при оптимальном периоде профилактики τ_0 [6].

$$K_g(\tau_0) = \frac{P(\tau_0)}{1 + (T_a - T_{II})f(\tau_0)} \quad (3)$$

Результаты расчета коэффициента готовности при различных периодах профилактики представлены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициент готовности ВОЛП

Коэффициент готовности ВОЛП K_g	Периоды профилактики ВОЛП, τ_0 , часов
0,99995	10
0,99963	100
0,99847	1000

Если при использовании экспертно-диагностической стратегии обслуживания возможный отказ ОТЭ обнаруживается на стадии прогнозирующего контроля, и в кратчайшее время проводятся необходимые работы, то в таком случае исключаются опасные последствия, к которым приводит появление в ВОЛП опасного отказа. Это условие можно выразить в виде неравенства: $\tau_0 < \Delta \tau_{II}$, где τ_0 – допустимая длительность интервала времени (периода профилактики); $\Delta \tau_{II}$ – интервал времени, в течение которого в состоянии ОТЭ не могут произойти изменения с необратимыми катастрофическими последствиями.

Следовательно, цель технического обслуживания ВОЛП при внедрении технологии прогнозирующего контроля будет в полной мере достигнута при соблюдении двух условий:

- своевременное обнаружение возможности возникновения в ОТЭ отказов (качественный прогноз изменения параметров ВОЛП);
- оптимизация периода профилактики τ_0 , который удовлетворяет условию $\tau_0 < \Delta \tau_{II}$.

Выводы: внедрение технологии прогнозирующего контроля при техническом обслуживании ВОЛП требует применения современных систем мониторинга. Такие системы мониторинга обеспечат текущий контроль, диагностику и своевременное обнаружение ухудшения параметров ВОЛП. Необходимым условием является также наличие полной базы данных по параметрам ВОЛП на этапе приемо-сдаточных испытаний и в процессе дальнейшей эксплуатации, с целью получения качественного прогноза изменения параметров ВОЛП. Опыт внедрения технологии прогнозирующего контроля при техническом обслуживании ВОЛП на сети связи ОАО «Таттелеком» доказал ее эффективность и позволил обеспечить высокую надежность функционирования линейно-кабельных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Правила технической эксплуатации линейно-кабельных сооружений междугородных линий передачи. Книга третья. – М., 1998. 214 с.
2. *Сабинин, Н.К.* Экономика строительства ВОЛС подземной прокладки // *Lightwave RE*. 2010. №2. С. 14-20.
3. *Ермолаев, А.В.* Экспертно-диагностическое обслуживание технологических трубопроводов газоперекачивающих компрессорных станций / *А.В. Ермолаев, Ю.А. Седелев* // Межотраслевой альманах «Деловая слава России». 2010. №3. С. 72-75.
4. *Земенкова, М.Ю.* Мероприятия по оптимизации режимов эксплуатации и оценка рисков аварий линейной части трубопроводных систем / *М.Ю. Земенкова, Т.Г. Капитальчук, В.Н. Коваленко* // Сб. научн. тр. межд. конф. «Нефть и газ Западной Сибири». – Тюмень: изд-во ТюмГНГУ, 2009. С. 164-165.
5. РД 45.047-99. Линии передачи волоконно-оптические на магистральных и внутризональных сетях ВСС России. – М., 1999. 116 с.
6. *Любинский В.Е.* Сравнительный анализ стратегий технического обслуживания систем железнодорожной автоматики и связи / *В.Е. Любинский, И.С. Кораго* // Сб. научных трудов конференции «Инженерные проблемы транспорта». – Латвия, Рига, 2007. С. 69-73.

INTRODUCTION THE TECHNOLOGY OF FORECASTING THE CONTROL AT MAINTENANCE SERVICE OF FIBER-OPTICAL COMMUNICATION LINES

© 2011 A.A. Voronkov¹, L.N. Shafigullin²

¹ Volga Region State University of Telecommunications and Computer Science
² JSC "Tattelecom"

In a paper the innovative technology of forecasting the control of parameters at maintenance service of fiber-optical communication lines (FOCL) is considered. The choice of the forecasting strategy is justified. Realization of the given technology for estimation the efficiency of maintenance service of linearly-cable FOCL buildings by criterion of reliability of functioning is displayed on an example of calculation.

Key words: *maintenance service, forecasting control, linearly-cable buildings, fiber-optical communication line, quality, reliability*

Andrey Voronkov, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Communication Lines. E-mail: voronkov@srttc.ru
Lutfulla SHafigullin, General Director. E-mail: info@tattelecom.ru