

УДК 681.5:621.315

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИЗОЛИРОВАНИЯ ПРОВОДНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА*

Е.О. Прокудина, В.Н. Митрошин

Самарский государственный технический университет
Россия, 443110, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Рассматриваются вопросы автоматизации процессов изолирования проводных кабелей связи: описана роль системного подхода в автоматизации сложных систем с распределенными параметрами, представлены основные технологические операции нанесения изоляционной оболочки на токоведущую жилу, сформированы основные локальные и глобальные параметры изготавливаемых кабелей как каналов связи в процессе наложения изоляции.

Ключевые слова: системный подход, автоматизация, производство кабелей, изолирование.

Непрерывный многооперационный технологический процесс изготовления проводных кабелей связи (КС) имеет все признаки сложной системы. Во-первых, процесс производства КС включает ряд выполняемых последовательно операций таких, как изготовление медного проводника методом волочения; изолирование его на экструзионных линиях термопластическим полимером; парную скрутку изолированных жил (при производстве LAN-кабелей); изготовление защитного экрана; наложение внешнего изоляционного покрытия, а также ряд других операций в зависимости от типа производимого КС. Во-вторых, формирование эксплуатационных параметров качества кабеля осуществляется на всех технологических операциях его изготовления. В-третьих, эти параметры могут быть напрямую измерены только на готовом кабеле.

На рис. 1 показана конструкция LAN-кабеля 7 категории, имеющего верхнюю частоту полосы пропускания порядка 1 ГГц.

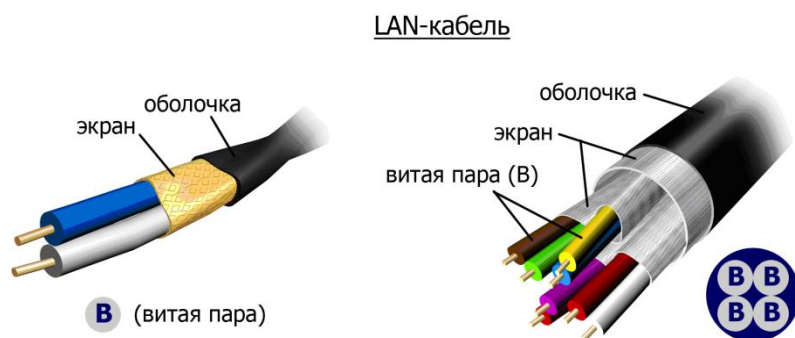


Рис. 1 Конструкция LAN-кабеля 7 категории

* Работа поддержана грантами РФФИ (проекты 15-08-01347-а и 15-08-04209-а).
Екатерина Олеговна Прокудина, аспирант.

Владимир Николаевич Митрошин (д.т.н.), заведующий кафедрой «Автоматика и управление в технических системах».

Детерминированная модель формирования параметров LAN-кабеля 7 категории приведена на рис. 2.

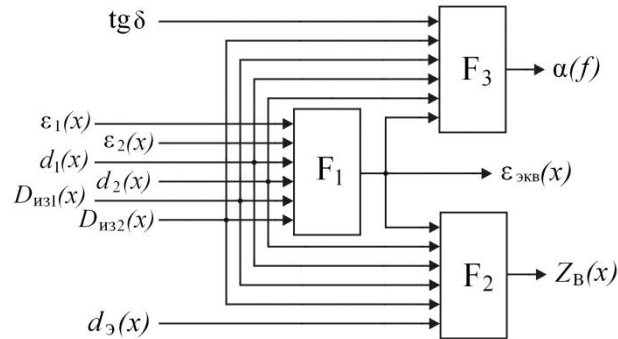


Рис. 2. Детерминированная модель формирования качества LAN-кабеля 7-й категории

Данная модель иллюстрирует процесс формирования эксплуатационных параметров качества LAN-кабеля 7 категории (экранированной витой пары). Формируемые на отдельных технологических операциях технологические параметры качества кабеля: диаметры медных проводников – d_1, d_2 , диаметры жил по изоляции $D_{из1}, D_{из2}$, относительная эквивалентная диэлектрическая проницаемость скрученной пары $\varepsilon_{экв}$, диаметр экрана d_3 , а также $\text{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь изоляции определяют величину волнового сопротивления Z_B в данном сечении кабеля (1) и величину собственного затухания кабеля на данной частоте $\alpha(f)$ (2).

$$Z_B = \frac{120}{\sqrt{\varepsilon_{экв}}} \cdot \ln \frac{D_{из1} + D_{из2} - d}{d} \cdot \frac{4d_3^2 - (D_{из1} + D_{из2})^2}{4d_3^2 + (D_{из1} + D_{из2})^2}. \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{2,6\sqrt{f\varepsilon_{экв}} \cdot 10^{-3}}{\lg[(D_{из1} + D_{из2} - d)/d]} \cdot \left[\frac{1}{d} + \frac{2d}{(D_{из1} + D_{из2})^2} \right] + 9,08f\sqrt{\varepsilon_{экв}}\text{tg}\delta \cdot 10^{-5}. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) получены с допущением, что т.к. при использовании алмазных фильер для вытяжки внутреннего проводника достигается высокая стабильность его диаметра, то можно считать, что $d_1 = d_2 = d = \text{const}$.

Необходимым условием получения качественной продукции является автоматизация всех промежуточных технологических операций её производства для минимизации нерегулярностей локальных параметров качества кабеля и стабилизация режимных параметров работы оборудования [1]. Анализ формул (1) и (2) показывает, что в значительной степени эксплуатационные параметры изготавливаемого КС формируются на операции изолирования.

Обеспечить гарантированное достижения требуемого качества изготавливаемого кабеля, тем более с учетом его частотных свойств (полосы пропускания КС) с помощью независимых локальных систем регулирования практически невозможно [2].

В работе [3] показано, что максимальная частота передаваемого по кабелю электрического сигнала (верхняя частота рабочего диапазона кабеля) f_B определяет максимальную частоту взаимодействующих с ним пространственных неод-

нородностей первичных параметров кабеля g_{\max} и, соответственно, их минимальный пространственный период $L_{k\min}$, которые должны быть устранены системой регулирования. Таким образом, могут быть сформулированы требования к динамическим характеристикам систем регулирования, используемым при автоматизации технологических процессов изготовления кабелей связи. Для рассматриваемого LAN-кабеля 7 категории с верхней частотой полосы пропускания 1 ГГц $L_{k\min} = 0,099\text{ м}$.

Основным и самым эффективным инструментом проектирования систем управления производством КС является использование системного подхода.

Сущность системного подхода состоит в том, что объект управления рассматривается как система, т. е. как единство взаимосвязанных элементов, которые образуют единое целое и действуют в интересах реализации единой цели. Системный подход требует рассматривать каждый элемент системы во взаимосвязи и взаимозависимости с другими элементами, вскрывать закономерности, присущие данной конкретной системе, выявлять оптимальный режим ее функционирования. Системный подход проявляется прежде всего в попытке создать целостную картину исследуемого или управляемого объекта. Исследование или описание отдельных элементов при этом не является самодовлеющим, а производится с учетом роли и места элемента во всей системе [4].

Методическим средством реализации системного подхода к управлению сложным процессом служит системный анализ, под которым понимается совокупность приемов и методов исследования объектов (процессов) посредством представления их в виде систем и их последующего анализа. Системный анализ предполагает системный подход и к изучению связей между элементами, между подсистемами и системой [5].

Сложная система, каковой является технологический процесс производства КС, разбивается на подсистемы – отдельные технологические операции, в общем случае реализуемые на различном технологическом оборудовании и в разное время. Как указывалось ранее, это совмещённая операция изготовления медного проводника методом волочения и изолирования его термопластическим полимером, осуществляемая на экструзионных линиях; парная скрутка и наложение экрана, выполняемая на линиях скрутки и т.п. Отдельные операции представляют собой компоненты, необходимые для существования и работы всей системы.

Наличие связей между этими подсистемами – технологическими операциями производства КС, обусловленные постепенным формированием параметров качества кабельной продукции в процессе её изготовления, свидетельствует о том, что рассматриваемый технологический процесс, безусловно, является системой.

Центральный этап методологии системного анализа – определение целей [5]. Под основной целью функционирования системы управления будем понимать гарантированное обеспечение эксплуатационного параметра выпускаемого КС, который может быть измерен только на готовом кабеле.

Формулирование цели приводит к неизбежной необходимости и является основанием для выбора связанных с ней критериев. В системном анализе под критерием понимается правило, по которому проводится отбор тех или иных средств достижения цели. Критерий в общем случае дополняет понятие цели и помогает определить эффективный способ ее достижения. В том случае, когда между целью и средствами ее достижения имеется четкая однозначная связь, критерий может быть задан в виде аналитического выражения [4]. Например, в

ряде случаев критерий, заданный в виде функционала, позволяет найти управляющее воздействие, обеспечивающее гарантированное достижение заданной цели.

Критерий должен отвечать ряду требований. Во-первых, он должен отражать основную, а не второстепенную цель функционирования управляемой системы. Во-вторых, отражать все существенные стороны деятельности системы, т. е. быть достаточно представительным. В-третьих, критерий должен быть чувствительным к существенным изменениям, возникающим в процессе функционирования управляемой системы [5].

В статье [2] приведена зависимость, характеризующая взаимосвязь отклонения $\Delta Z(x)$ волнового сопротивления кабеля от своего номинального значения, рассматриваемого в качестве эксплуатационного показателя качества, с отклонениями технологических параметров качества кабеля от своих номинальных значений. Она позволяет сформулировать требования к предельным допускам отклонений локальных параметров качества, формируемых на промежуточных операциях изготовления кабеля. На основании этого формулируются критерии и алгоритмы функционирования отдельных подсистем.

Предлагаемая методика использования системного подхода при автоматизации многооперационных непрерывных технологических процессов производства проводных кабелей связи позволяет гарантировать обеспечение требуемого качества кабеля как канала связи с учетом его полосы пропускания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митрошин В.Н., Митрошин Ю.В. Использование системного подхода при автоматизации непрерывных технологических процессов кабельного производства // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 2010. – № 7(28). – С. 26 – 31.
2. Митрошин В.Н. Многопараметрическое управление производством кабелей связи на основе прогнозирующих моделей // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 2013. – № 4(40). – С. 37 – 44.
3. Дорезюк Н.И. Гармонический анализ периодических неоднородностей волнового сопротивления коаксиальных кабелей // Электротехническая промышленность. Сер. Кабельная техника. – 1974. – № 6. – С. 18–22.
4. Кинг В, Клиланд Д. Системный анализ и целевое управление. – М.: Сов. радио, 1974.
5. Дорохов И.Н, Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. – М.: Наука, 1979.

Статья поступила в редакцию 20 января 2015 г.

CONTROL OF TELECOMMUNICATION CABLE ISOLATION PROCESS BY MEANS OF THE SYSTEM APPROACH

V.N. Mitroshin, E.O. Prokudina

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation

The paper is about the automation of telecommunication cable isolation processes: describes the role of a system approach to the automation of complex systems with distributed parameters, presented the main technological steps of applying an insulating coating on a conductor, formed the main local and global parameters of telecommunication cable as the channels of communication in the isolation process.

Keywords: cable manufacture, automation, system approach, isolation.

Vladimir N. Mitroshin (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Ekaterina O. Prokudina, Postgraduate Student.