

С. А. МАКОВЕЦКИЙ, В. В. МАСЛИЙ, А. И. ЦОПА, канд. техн. наук
**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА
 ЭКРАНИРОВАНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ КАБЕЛЕЙ**

Введение

В связи с развитием широкополосных цифровых технологий передачи информации все острее стоит проблема защиты различных активных и пассивных электронных устройств от сильных электромагнитных полей, которые не только негативно влияют на работу радиоэлектронного оборудования, но и могут разрушать потоки данных, передаваемых по коммуникационным линиям связи. При создании ведомственных телекоммуникационных сетей именно кабельные линии связи за счет своей конструкции и протяженности наиболее подвержены влиянию радиочастотных помех. Применение экранированных кабелей связи существенно снижает степень такого влияния. Однако в те времена, когда прокладывались телекоммуникационные кабели, многие их параметры были измерены лишь в низкочастотной области. Отсутствие достоверных данных о параметрах экранирования существующих кабелей в диапазоне частот (1 – 100) МГц не позволяет дать оценку защищенности таких телекоммуникационных каналов связи от воздействия электромагнитных полей.

Способность кабеля снижать уровень электромагнитного сигнала (поля), воздействующего на него и проникающего в него из внешней среды, характеризуется коэффициентом экранирования кабеля $K_{\text{э}}$ [1]. Нужно отметить, что в соответствии с физическим принципом обратимости $K_{\text{э}}$ также "работает", когда сам кабель может создавать электромагнитное поле, при передаче по линии связи широкополосных сигналов цифровых систем передачи информации на основе *xDSL* технологий.

В этой связи актуальным вопросом проведенных исследований является разработка методики и установки для измерения коэффициента экранирования существующих телекоммуникационных кабелей в широком диапазоне частот.

Основная часть

Методы измерения величины коэффициента экранирования $K_{\text{э}}$, применяемые в европейской кабельной промышленности, достаточно разнообразны [2]. Наиболее известные и широко используемые из них – метод резистивной связи (стандарт *IEC 61196-1*), метод прямой инъекции (стандарт *PPT-CN, IEC 96-1*, поправка 2/1993), метод индуктивных клещевых измерителей (стандарт *IEC 61196-1*). Все эти методы несовершенны из-за низкой чувствительности и ограниченного динамического диапазона. Более того, они требуют создания специальной экранированной комнаты (в случае измерений на частотах свыше 30 МГц).

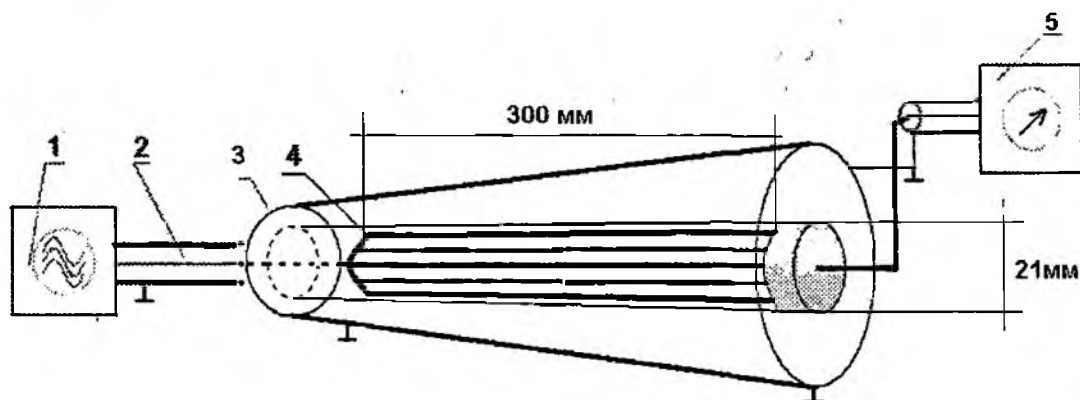
В отечественной литературе описаны три основных метода для измерения $K_{\text{э}}$ [1]:

- измерение паразитной составляющей «несимметричного режима» с помощью токового датчика;
- измерение напряжения, которое наводится на согласованной параллельной силовой линии;
- измерение мощности излученной электромагнитной волны с помощью антенны – пробника.

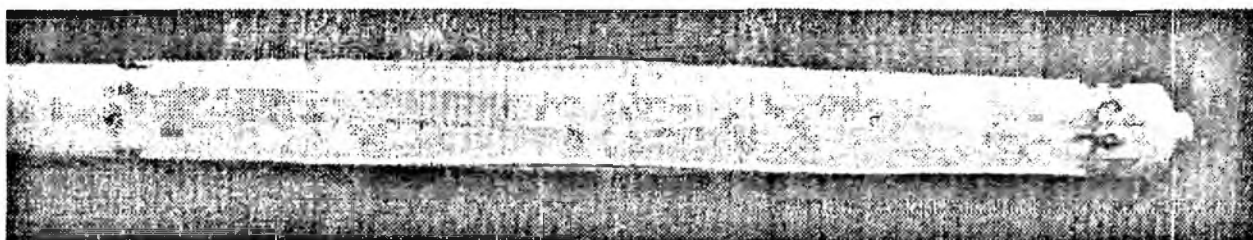
Наиболее простым для реализации является третий метод. Авторами на основе этого метода была разработана методика измерений коэффициента экранирования и создана измерительная установка, схема которой приведена на рис. 1, а.

В данной работе использован антенный метод измерения со следующими особенностями: для съема сигнала была применена объёмная симметричная антенна, которая также играла роль параллельной линии. Вся конструкция была помещена в экранированный металлический цилиндр, который выступает в роли внешнего экрана и не допускает попадания внешнего электромагнитного излучения на антенную систему. Установка реализована на

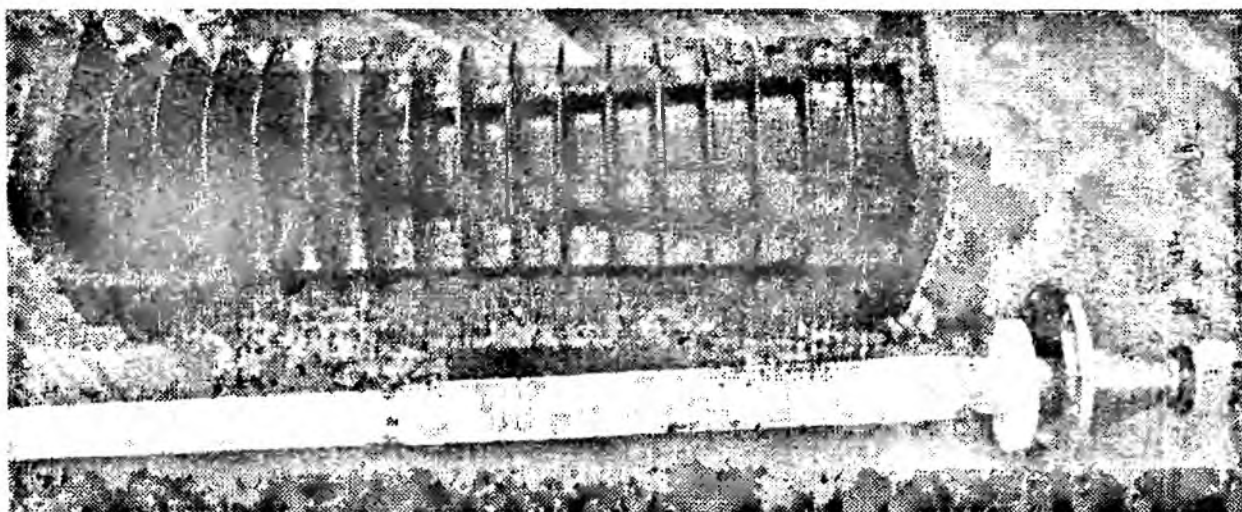
базе анализатора спектра СК4-59. Тестируемые образцы кабелей подсоединяются к установке с помощью стандартного *BNC* разъема, что позволяет оперативно менять типы кабелей при испытаниях.



a



б



На рис. 1 обозначено: 1, 5 – измеритель коэффициента передачи в диапазоне 0 – 110 МГц СК4-59; 2 – исследуемая линия передач; 3 – полый усеченный алюминиевый конус; 4 – неэкранированные проводники, находящиеся на диэлектрической трубке, расположенной внутри конуса (проводники выполняют роль антенны).

Для изготовления измерительного блока использовалась мощная коаксиальная согласованная нагрузка. Испытуемый кабель помещался внутрь корпуса нагрузки (экранирующий цилиндр рис. 1, *a*).

На кабель надевалась диэлектрическая трубка, и на ней располагались восемь параллельных проводников, соединенных между собой по краям (рис. 1, *б*). Эти проводники являются

антенной, на которой наводится ЭДС от измеряемого кабелем сигнала. Для того чтобы на антенну не наводились внешние сигналы, она помещена в хорошо заземленный экранирующий цилиндр (рис. 1, *в*). На этом же рисунке показан разъем, посредством которого антенна подключалась к приемнику. Антенна, в отличие от описанной в [1], полностью охватывает кабель.

По конструкции она представляет собой несимметричный вибратор над экраном, который имеет форму экранирующего цилиндра. Наличие последнего ограничивает пространство, в котором излучает кабель и существенно отличает описанный метод от изложенного в [2] в лучшую сторону.

На рис. 2, 3 приведены схема и общий вид установки для измерения коэффициента экранирования. Опыты проводили в диапазоне частот (0,1-100) МГц, что позволило оценить возможности использования испытанных кабелей для передачи информации с применением *xDSL* технологий. Минимальное значение $K_{э}$, измеряемое данной системой, равно -90 дБ. Данный параметр ограничен чувствительностью установки СК4-59.

Исследуемый кабель с согласованной нагрузкой подключается к генератору (выход ГКЧ СК4-59) и помещается внутрь системы. Антенная система подключается к приёмнику (вход СК4-59). Расстояние между выходным разъемом на генераторе и точкой входа кабеля в измерительную систему должно быть минимальным, в нашем случае оно равно 3 см.

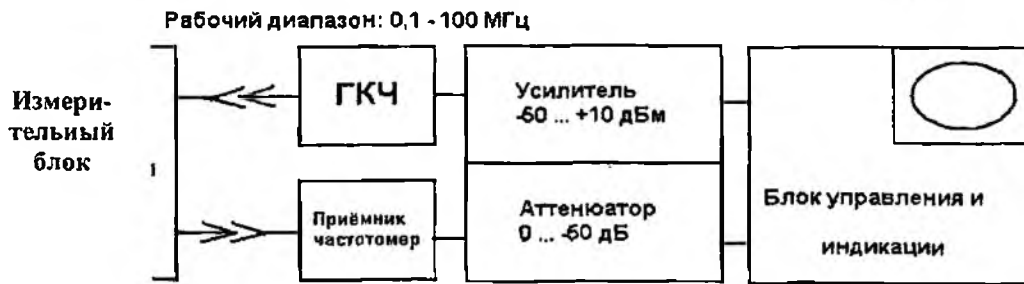


Рис. 2

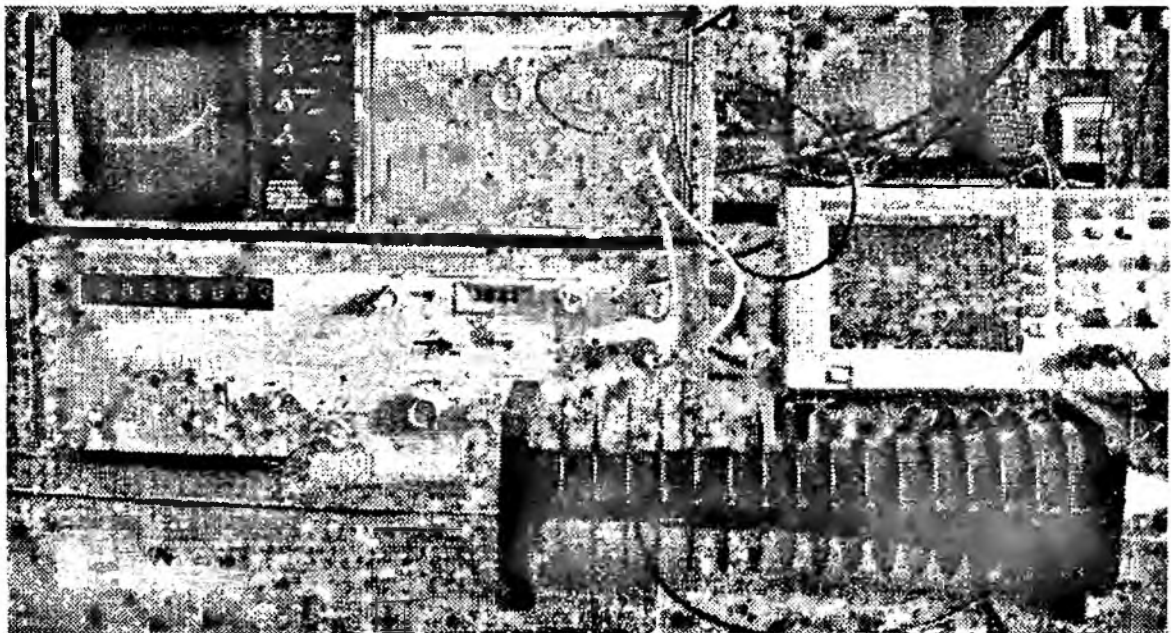
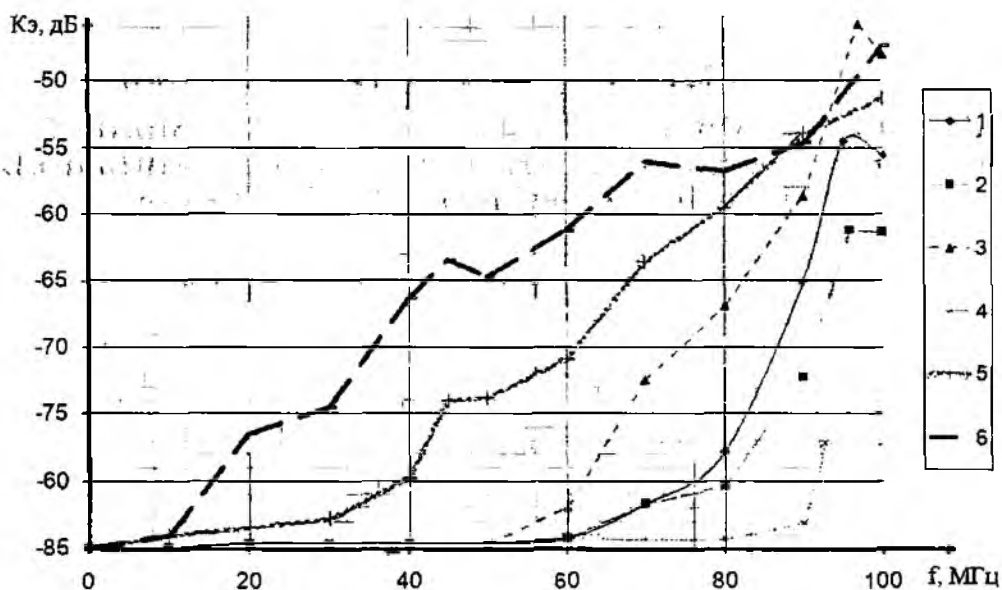


Рис. 3

С помощью данной установки были сняты зависимости $K_{э}$ для различных типов кабелей. Результаты экспериментов в виде функциональной зависимости величины $K_{э}$ от частоты приведены на рис. 4.



1 – Кабель FTP; 2 – Кабель Security; 3 – Кабель STP 4; 4 – Кабель STP cat 6;
5 – Кабель СПП; 6 – Кабель ТПП

Рис. 4

Исследовались шесть типов кабелей: произведенные в СССР и используемые сейчас в Украине кабели ТПП-30x0.5 и СПП-30x0.5 и импортные кабели *FTP STP, cat 6; Security alarm cable; S/STP*.

Нетрудно увидеть, что произведенные в СССР кабели заметно уступают по величине $K_{\text{э}}$ зарубежным образцам, что вызывает необходимость дополнительных исследований защищенности кабельных линий.

Измеренные величины $K_{\text{э}}$ хорошо коррелируют с данными [1], что свидетельствует в пользу достоверности результатов экспериментов.

В заключение отметим, что, на наш взгляд, в итоге проведенных опытов получены более полные, чем ранее известные, частотные характеристики коэффициента экранирования, которые при внедрении *xDSL* технологий наверняка будут востребованы разработчиками аппаратуры связи.

Выводы

Таким образом, в работе усовершенствован антенный метод измерения коэффициента экранирования и разработана установка, позволяющая измерять $K_{\text{э}}$ коммуникационных кабелей в диапазоне частот от 1 до 100 МГц. Минимальное значение измеряемого $K_{\text{э}}$ равно -90 дБ.

Список литературы: 1. Ефимов И.Е., Останькович Г.А. Радиочастотные линии передачи. Радиочастотные кабели. 1977. М.: Радио и связь. С. 408. 2. *ITALIANA CONDUTTORI s.r.l.*: What You Really Need To Know About The Screening Effectiveness In Coaxial Cables // Technical Report. September 2002.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 15.04.2009