Синтез системы связи на основе концепции симметрии

В.В. Лебединцев

Предлагается новый подход к решению задачи синтеза систем связи, базирующийся на применении концепции симметрии. При таком подходе информация передаётся инвариантами групп преобразований, описывающих канал связи. Синтезированы два новых инвариантных метода модуляции. Показаны области применения инвариантов для решения различных задач связи.

Ключевые слова: канал связи, группы преобразований канала связи, инвариантные методы модуляции.

1. Введение

Как известно, любая наука развивается в следующей закономерности: из многочисленных фактов наблюдения явлений и процессов рождаются предположения об их природе и связях; из фактов и правдоподобных предположений строится теория; теория проверяется экспериментом и, подтвердившись, продолжает развиваться. Далее наступает момент, когда из-за обилия новых фактов и разнообразия новых идей возникает необходимость в выработке новой обобщающей концепции. Можно утверждать, что теория связи сегодня переживает такой момент, а в качестве обобщающей концепции целесообразно использовать концепцию симметрии.

Симметрия давно и плодотворно используется в самых разнообразных науках. Само понятие симметрии непрерывно развивалось от элементарных геометрически наглядных представлений до философской категории познания. Как категорию познания симметрию характеризуют следующие особенности [1]. Прежде всего, должен существовать «объект – носитель симметрии». Для разных проявлений симметрии он может быть разным. Это могут быть материальные объекты (например, кристаллы, геометрические фигуры) или свойства, преобразования. У объектов должны существовать некоторые признаки, свойства, процессы, отношения, явления, не изменяющиеся при операциях симметрии. Далее должны происходить изменения объектов, но не какие угодно, а только такие, которые переводят объект в тождественный себе (в некотором смысле). И наконец, должно существовать свойство объекта превращаться в самого себя по некоторым признакам.

Все эти признаки проявляются через понятие математической группы преобразований. Теория групп преобразований и в конечном итоге симметрия как категория познания имеют универсальный и всеобъемлющий характер в силу того, что они объективно отражают наиболее общие и важные связи в реальном мире [2]. Поскольку задачей любой системы связи является сохранение неизменности передаваемой информации относительно преобразований сигналов каналом связи, то естественно применение концепции симметрии для решения задач в системах связи.

2. Методика применения концепции симметрии в задачах связи

Схема применения концепции симметрии выглядит следующим образом. Каждый класс каналов характеризуется соответствующей группой преобразований. Так, линейные каналы с идеальными частотными характеристиками описываются ортогональной группой преобразований, линейные каналы с неидеальными частотными характеристиками – более общей группой аффинных преобразований, широкий класс нелинейных каналов – ещё более общей группой проективных преобразований. Каждая группа преобразований имеет свой набор инвариантов – некоторых соотношений, остающихся неизменными при действии любого преобразования данной группы. Так, например, группа ортогональных преобразований имеет инварианты в виде сохраняющихся длин векторов и углов между ними; группа аффинных преобразований имеет основной инвариант в виде сохраняющегося отношения длин векторов одного направления; группа проективных преобразований – инвариант в виде ангармонического отношения четырёх точек [3].

Теперь становится очевидной возможность использования значений инвариантов канала для безыскажённой передачи информации. Для класса линейных каналов предложена инвариантная относительная амплитудная модуляция, использующая основной инвариант аффинной группы преобразований. При этом алгоритмы модуляции и демодуляции имеют следующие выражения [3]:

$$|\bar{S}_i| = J_i |\bar{S}_{on}| \quad \text{и} \quad J'_i = |\bar{S}'_i| / |\bar{S}'_{on}|,$$

где J_i и J'_i – значения передаваемого информационного элемента и его оценка на приёмной стороне (инвариант канала);

$|\bar{S}_i|$ и $|\bar{S}'_i|$ – модули векторов передаваемого и принимаемого сигналов;

$|\bar{S}_{on}|$ и $|\bar{S}'_{on}|$ – модули векторов передаваемого и принимаемого опорных сигналов, имеющих одинаковую (с точностью до постоянного множителя) с сигналами $\bar{S}_i$ и $\bar{S}'_i$ форму.

Для класса нелинейных каналов, характеризуемых проективной группой преобразований, предложена инвариантная нелинейная амплитудная модуляция, использующая основной инвариант проективной группы преобразований [3]:

$$|\bar{S}_i| = \frac{|\bar{S}_2|}{1 - J_i (|\bar{S}_2| - |\bar{S}_1|) / |\bar{S}_1|}; \quad J'_i = \frac{|\bar{S}'_1| (|\bar{S}'_1| - |\bar{S}'_2|)}{|\bar{S}'_1| (|\bar{S}'_2| - |\bar{S}'_1|)},$$

где $|\bar{S}_1|$ и $|\bar{S}_2|$ – модули векторов двух опорных сигналов, передаваемых в начале каждого блока сигналов.

Нетрудно убедиться, что «классические» амплитудная, частотная и фазовая модуляции используют инварианты ортогональной группы преобразований.

Влияние аддитивных помех на передаваемые сигналы отображается также групповой операцией – операцией сдвига, для которой легко определяются соответствующие инварианты [6]. Таким образом, реальные каналы характеризуются двумя подгруппами преобразований. С учётом этого для безыскажённой передачи информации необходимо использовать «двухуровневые» конструкции инвариантов. При этом обобщённая структурная схема инвариантной системы связи на передающей стороне содержит два блока: формирователь инвариантов мультипликативной подгруппы, описывающей преобразование сигналов элементами тракта передачи, и формирователь инвариантов аддитивной подгруппы, отображающей влияние аддитивных помех. Приёмная сторона содержит, соответственно, вычислитель оценок значений инвариантов аддитивной подгруппы и вычислитель оценок значений инвариантов мультипликативной подгруппы, включённые последовательно.

К настоящему времени найдены различные области применения инвариантов каналов связи: инвариантные системы коррекции частотных характеристик каналов [5], системы передачи

для каналов связи с переменными параметрами [4], системы передачи с многопозиционными сигналами для нелинейных каналов [3], дуплексные системы передачи [3] и другие области приложения [6].

Таким образом, симметрия как категория научного познания демонстрирует свою эффективность в новой для неё области – в теории и практике систем связи.

Литература

1. Сонин А.С. Постигание совершенства. Симметрия, асимметрия, диссимметрия, антисимметрия. – М.: Знание, 1987. – 139 с.
2. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. – М.: Мысль, 1984.
3. Лебедянцев В.В. Разработка и исследование методов анализа и синтеза инвариантных систем связи. Докторская диссертация. СибГУТИ, Новосибирск. – 1995.
4. Лебедянцев В.В. Обобщённый инвариантный метод передачи для линейных каналов с переменными параметрами //Материалы Международной науч.-техн. конф. "Информатика и проблемы телекоммуникаций", – Новосибирск, – 1998. С. 37.
5. Лебедянцев В.В. Инвариантная коррекция канала на основе его инвариантов // Материалы Международной науч.-техн. конф. "Информатика и проблемы телекоммуникаций". – Новосибирск, – 2001.
6. Лебедянцев В.В. Синтез систем связи, инвариантных к воздействию помех.// Материалы Российской науч.-техн. конф. "Информатика и проблемы телекоммуникаций", – Новосибирск, – 1999. С. 23.

*Статья поступила в редакцию 20.03.2009
Исправленный вариант 18.05.2009*

Лебедянцев Валерий Васильевич

д.т.н., профессор, завкафедрой автоматической электросвязи СибГУТИ
тел. (383) 2698 242, e-mail: lebvvv@mail.sibsutis.ru

Synthesis of Communication System on the Basis of the Concept of Symmetry

V. V. Lebedyantsev

A new approach to synthesis and analysis of communication systems is suggested. In a basis of this approach lays the description of communication channels by groups of transformations. For information transmission, the values of invariants of transformations groups are used. The possibility of realization of two new invariant methods of modulation is shown.

Keywords: communication channel, invariant groups of transformations of communication channel, invariant methods of modulation.