

НОВІ ГОРИЗОНТИ НАУКИ

Н.П. СУВОРОВ

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК СПОСОБ ПОЗНАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Дана публікація є другою із низки статей, в котрих викладені засади авторської концепції космотеорії

* * *

3. Математические основы гармонии

Гармония не есть утопия. Пессимистов и скептиков следует огорчить тем, что принципы гармонии всеобщие, они действуют везде – в макрокосме, микрокосме и проявляются повсюду. В частности, принципы гармонии не только теоретически обоснованы, но и успешно реализованы в сложных энергоинформационных системах управления и связи. Термин гармония не применялся и не применяется в сложных технических энергоинформационных системах, однако детальный анализ позволяет установить наличие в них принципов гармонии.

Принципы гармонии, заложенные в сложных технических энергоинформационных составных структурах, являются подсказкой Высшего Разума для теоретического обоснования и реализации принципов гармонии применительно к человеку – сложной энергоинформационной составной сущности и к обществу – сложной итерационной энергоинформационной структуре.

Построение сложных систем управления и связи было вызвано общим интенсивным развитием цивилизации в 50-е годы XX века и необходимостью приёма-передачи значительных потоков информации. Особенно остро стала проблема создания принципиально новых систем управления и связи в военной сфере, когда было создано ядерное оружие и ракеты. Мощным катализатором развития многих отраслей науки и техники были антагонистические противоречия капиталистической и социалистической систем. Вопрос "кто кого?" остро звучал вплоть до 90-х годов.

Современные сложные технические энергоинформационные системы возникли вследствие разрешения серьёзного кризиса во многих областях науки, в особенности в системах управления и связи. Любой кризис, в том числе кризис в науке, ещё не есть катастрофа. Кризис – тупик, но не безвыходное положение, причём тупик данного, конкретного пути развития. Тупик есть свидетельство того, что выбранный кем-то и когда-то утвердившийся путь развития себя исчерпал, следовательно, необходимо искать новые пути развития, совершенствования.

Кризис в технических энергоинформационных системах происходил вследствие того, что рост качества систем управления и связи осуществлялся за счёт роста мощности сигнала, многократной передачи одной и той же информации, использования простых (элементарных) двоичных сигналов и примитивных способов их обработки.

Выход из кризиса технических энергоинформационных систем стал возможным на основе формирования новой энергии знаний благодаря усилиям многих учёных 50-х годов прошлого столетия, но ведущая роль принадлежит:

В.А.Котельникову, который в своей работе "Теория потенциальной помехоустойчивости" обосновал критерии оптимальности, способы построения оптимальных устройств;

Норберту Винеру, который разработал основы кибернетики, или теорию управления сложных систем;

Клоду Шеннону, разработавшему математическую теорию связи, основой которой явилась теория информации.

Эти работы произвели революционное обновление ума гигантского количества учёных и специалистов. Названные выше учёные заложили основы принципов гармонии в сложных технических энергоинформационных системах.

Теоретическое обоснование принципов гармонии позволило решить важнейшую проблему – построение эффективных энергоинформационных систем, с помощью которых информация может передаваться с высокой скоростью, высокой достоверностью и надёжностью при минимальных затратах энергии на бит информации.

Достижение высоких информационных характеристик и параметров систем управления и связи с минимальными затратами энергии обусловлено применением сложных структур кодов, сложных структур сигналов, оптимальных устройств их формирования и обработки, созданием разветвлённой сети линий и каналов связи. Взаимодействие-объединение всех компонент сложной

системы в единое целое осуществляется наилучшим образом в соответствии с принципами гармонии.

Понадобилось 40 лет, чтобы теория построения новых энергоинформационных систем была реализована на практике. Выход из кризиса технических энергоинформационных систем стал возможным благодаря отказу учёных от устаревших способов мышления, отживших идей. Принятие на вооружение новых, передовых идей способствовало, в первую очередь, совершенствованию интеллекта, накоплению новой энергии знаний среди большой армии учёных, инженеров, технических специалистов.

Моисею также понадобилось 40 лет, чтобы вывести свой народ из кризиса духовного.

Сколько лет понадобится, чтобы выйти из существующего духовного кризиса, зависит от Господа Бога и человечества в целом. Ясно единственное – выход из современного духовного кризиса человечества может и должен быть найден.

3.1. Ортогональность – математическое правило гармонии. Определение ортогональности

Ортогональность – базовое понятие сложной энергоинформационной структуры. Ортогональность – базовое понятие теории гармонии.

В связи с указанным рассмотрим суть ортогональности применительно к различным энергоинформационным системам.

Важнейшими составляющими, определяющими эффективность энергоинформационных технических систем, являются электрические сигналы и коды.

Существуют две разновидности математических моделей электрических сигналов:

- детерминированная (регулярная);
- случайная (стохастическая).

Первый тип моделей предполагает описание сигнала детерминированной функцией, второй – случайной.

Регулярные сигналы используются в качестве переносчиков информации, носителем информации может быть только случайный сигнал. Среди регулярных особая роль принадлежит ортогональным сигналам.

Совокупность сигналов $S_1(t), S_2(t), \dots, S_m(t)$, заданных на интервале $\left[-\frac{T}{2} < t < \frac{T}{2}\right]$, является ортогональной, если выполняется равенство

$$(S_i S_j) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S_i(t) S_j(t) dt = \begin{cases} E_i, & i = j; \\ 0, & i \neq j, \end{cases} \quad (1)$$

здесь $(S_i S_j)$ – условное обозначение скалярного произведения;

T – интервал (область) ортогональности, может быть как конечной, так и бесконечной величиной.

Скалярное произведение двух функций – это интеграл от их совместного произведения. Интеграл от произведения двух функций называется также свёрткой.

Понимание сути ортогональности связано с анализом двух свёрток.

Первая свёртка – индексы сигналов совпадают $i = j$, свёртка принимает вид

$$(S_i S_j) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S_i(t) S_j(t) dt = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S_j(t) S_j(t) dt = (S_j S_j); i, j = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Такую свёртку называют также функцией автокорреляции. Физически автокорреляция определяет энергию

$$(S_i S_i) = (S_j S_j) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S_j^2(t) dt = E_i = E_j = E; i = j. \quad (3)$$

Если энергии сигналов одинаковы, то сигналы называют равноэнергетическими. Вторая свёртка имеет несовпадающие индексы сигналов $i \neq j$ и записывается в виде

$$(S_i S_j) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S_i(t) S_j(t) dt. \quad (4)$$

Такую свёртку называют функцией взаимной корреляции. Физически взаимная корреляция определяет меру совпадения (несовпадения) сигналов, это есть взаимная энергия сигналов.

Совокупность сигналов

$$\eta_1(t) = \frac{S_1(t)}{\sqrt{E_1}}, \eta_2(t) = \frac{S_2(t)}{\sqrt{E_2}}, \dots, \eta_m(t) = \frac{S_m(t)}{\sqrt{E_m}}, \quad (5)$$

удовлетворяющих условию

$$(\eta_i \eta_j) = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) \eta_j(t) dt = \begin{cases} 0, & i \neq j; \\ 1, & i = j, \end{cases} \quad (6)$$

называется ортонормированной.

При этом нормирование осуществляется по энергии

$$E_i = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) dt = 1. \quad (7)$$

Условие ортогональности сигналов можно записать также в следующем виде:

$$(S_i S_j) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S_i(t) S_j(t) dt = \begin{cases} P_i, & i = j; \\ 0, & i \neq j. \end{cases} \quad (8)$$

При нормировке по мощности

$$P_i = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) dt = 1. \quad (9)$$

Ортонормированные сигналы удовлетворяют условию

$$(\eta_i \eta_j) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i \eta_j dt = \begin{cases} 0, & i \neq j; \\ 1, & i = j. \end{cases} \quad (10)$$

Величина $(\eta_i \eta_j) = r_{ij} = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) \eta_j(t) dt$ при нормировке по энергии и

$(\eta_i \eta_j) = r_{ij} = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) \eta_j(t) dt$ при нормировке по мощности называются коэффициентом взаимной

корреляции.

Величина $(\eta_i \eta_i) = \rho_{ii} = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) \eta_i(t) dt$ при нормировании по энергии и

$(\eta_i \eta_i) = \rho_{ii} = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} \eta_i(t) \eta_i(t) dt$ при нормировании по мощности называется коэффициентом

автокорреляции.

Ортонормированная совокупность сигналов $\eta_1(t), \eta_2(t), \dots, \eta_m(t)$ используется как в качестве базисных компонент сложных составных сигналов, так и в качестве переносчиков информации в многоканальных системах связи.

Ортогональность компонент (функций, сигналов) может быть обеспечена следующим образом.

Во-первых, за счёт разделения во времени (селективным параметром является время, точнее, отрезок времени). В данном случае каждому компоненту-переносчику информации выделяется своё время сеанса связи, не совпадающее со временем сеанса связи других переносчиков. Этот метод обеспечения ортогональности используется во всех современных цифровых информационных системах.

В быту, в частности в неграмотно спроектированных системах массового обслуживания (магазины, парикмахерские, и т.д. и т.п.), ортогональность компонент обеспечивается разнесением по времени обслуживания индивидов, находящихся в очереди. Недисциплинированные индивиды – это нарушители ортогональности, они источник шумов неортогональности, психогрязи. От их психогрязи страдает и вся очередь. О таких мелочах надо говорить, ибо любой источник психогрязи – это опасность. Психогрязь обладает серьёзной особенностью – свойством накопления энергии. А всем известен закон сохранения энергии. Любая энергия, в том числе и психогрязь, породившись любым источником, существует вечно! Любое дисгармоничное объединение людей типа эноси, любая дисгармония – это всеобщая психогрязь, она всем опасна. Она более опасна, чем физическая грязь в комнатах, доме, на улицах, в природе. Ручейки источников грязи многолики. Но ручейки формируют гигантские реки. По аналогии с этим формируются "ручейки" и гигантские "реки" психогрязи, действующие на всех живущих людей, но лишь в разной мере.

Во-вторых – на основе разделения по частоте (селективным параметром является частота или диапазон частот). Метод частотного разделения переносчиков информации исторически возник первым и за время своего существования достиг высокого уровня развития. В настоящее время этот метод применяется для передачи на дальние расстояния практически всех видов аналоговой и дискретной информации: телевизионной, телефонной, факсимильной, телеграфной, телекодированной (данных).

Системы с разделением по времени в связи с интенсивным развитием дискретной техники составляют значительную конкуренцию системам с частотным разделением.

Переход с одного канала на другой в телевизорах, приёмниках – это элементарные примеры реализации ортогональности компонент на основе их частотного разделения.

В-третьих – на основе разнесения по фазе. Тригонометрические функции $\sin x$ и $\cos x$ ортогональны, они имеют между собой сдвиг по фазе, равный 90° . Фазовые системы передачи

информации обладают высокой помехоустойчивостью и эффективностью и широко используются в сложных технических энергоинформационных составных системах.

В-четвёртых – на основе пространственного разнесения переносчиков информации. В этом случае ортогональность переносчиков обеспечивается с помощью направленных излучателей с использованием так называемых поляризационных структур.

Ортогонализацию компонент-индивидов на основе пространственного их разнесения следует рассматривать как эффективный метод восстановления гармоничных отношений между людьми, в семье, коллективе, обществе.

Ранее отмечалось, что ещё в древнегреческой философии под гармонией понималась организованность Космоса, людей, противостоящая хаосу, случайности, беспорядочности, анархии.

Организованность – это порядок, дисциплина, чёткое выполнение установленных правил, законов, уставов, договорённостей, положений, инструкций для обеспечения нормальной жизнедеятельности и развития сложных составных структур и сущностей.

Когда судья на ринге восстанавливает порядок, правила ведения боя путём разведения боксёров по своим углам – он добивается ортогонализации компонент-индивидов на основе их пространственного разнесения. То же делают футбольные и хоккейные судьи, но со своими особенностями-правилами. Во всех названных случаях имеет место ортогонализация для восстановления порядка, установления взаимодействия по определённым правилам – гармоничного взаимодействия людей.

Пространственное разнесение членов семьи, родственников в разные обитатели – проверенный способ ортогонализации компонент-индивидов для освобождения их от мощных взаимных потоков психогрязи, накапливаемых за длительный период совместного общения. Это эффективный способ установления гармоничных взаимоотношений.

Разная степень уединения человека – это разный уровень ортогонализации энергоинформационного взаимодействия индивида и общества (социума) на основе пространственного разнесения. Ортогонализация компонент-индивидов на основе их пространственного разнесения есть эффективное лекарство, а возможно, – прекрасный эликсир для лечения острых ран в душе, ослабления и устранения накипи психогрязи и, как итог, восстановление нормальных, правильных отношений между людьми – гармоничных отношений.

Ортогонализация компонент-индивидов на основе пространственного разнесения враждующих сторон – это важнейший фактор на пути политического урегулирования войн, конфликтов, распрей, междоусобиц и т.п.

Говорят, что время лечит любые раны. Точнее и правильнее сказать, что время и определённая форма пространства обитания лечат любые раны. Названные факторы совместно позволяют устранить или значительно уменьшить психогрязь, они содействуют ортогонализации компонент-индивидов. В результате длительной работы по осмыслению происшедшего, или, что то же самое, формированию правильного мировоззрения враждующие стороны способны наладить гармоничные отношения.

Таким образом, ортогонализация – действенный метод гармонизации.

Каждый, кто самостоятельно занимается нетрадиционными методами лечения и оздоровления, понимает и осознаёт мудрость Гиппократов, провозгласившего принцип "не навреди" в медицине.

Отклонение мировоззрения от норм божественной этики – это самая серьёзная болезнь и одновременно первопричина всех других болезней человека и общества. Самым главным профилактическим средством от всех болезней является соблюдение гармонии Абсолюта. Заповедь "не навреди" – следствие гармонии Абсолюта, она составляет основу правил космического общежития. Для каждого человека заповедь "не навреди" должна составлять **ГЛАВНЫЙ ЗАКОН ЖИЗНИ**, первооснову её, ибо эта заповедь исходит от Абсолюта.

Гармония Абсолюта – панацея от всех бед и несчастий человека и человечества.

Термин равновесие энергий Инь и Ян, баланс энергий творения, гармония Абсолюта – синонимы.

В технических энергоинформационных системах заповедь "не навреди" выполняется неукоснительно на основе установления ортогональности переносчиков информации.

Пятый способ ортогонализации компонент (функций, сигналов) заключается в следующем. Переносчики информации могут передаваться одновременно, перекрываться по частоте и, тем не менее, разделимы. Разделение осуществляется по форме переносчиков. Форма переносчиков

является наиболее общим параметром селекции. Создание формы – это формирование особой, неповторимой внутренней структуры каждого переносчика информации. В данном случае уместен термин компонента-монадикос.

С математической точки зрения компоненты-монадикос – это переносчики информации, удовлетворяющие условию ортогональности. Ортогональные компоненты обладают качествами исключительности и неповторимости, что и позволяет надёжно их селектировать, выделять из единого целого, которое само сформировано путём сложения отдельных компонент.

Ортогональность – достаточное условие разделения между собой базисных компонент сложных составных сигналов и переносчиков информации в многоканальных системах связи.

Формирование гармонии в сложных технических энергоинформационных составных структурах начинается с научного обоснования и выбора ортогональных базисных компонент. Затем необходимо обосновать способы их формирования, приёма-обработки и синхронизации, т.е. сформировать единое целое.

По аналогии с этим формирование гармонии в обществе должно начинаться с понимания сути гармоничного человека, или, в нашей терминологии, гармоничной компоненты-индивида. Гармония в обществе возможна только при наличии гармоничного человека. Здесь уместно вспомнить реформатора Столыпина. Он говорил, что реформы в России пойдут лишь тогда, когда будет сформирован человек-гражданин.

Описать, нарисовать, охарактеризовать достаточно полно портрет, образ любого человека, – сложная, а может быть, и нерешаемая задача. Слишком многообразна и сложна личность любого человека. Эта задача в значительной мере упрощается, если ограничиться самым главным, самым важным в образе человека.

Человек – это энергоинформационная сущность. Он есть неразрывное единение энергии и информации. Качество энергоинформационной сущности человека определяется в первую очередь его мировоззрением, куда входят такие понятия, как этика, мораль, нравственность.

Для того чтобы подойти к анализу человека как энергоинформационной сущности, необходимо ознакомиться с понятиями энергия и информация.

3.2. Энергия и информация

Рассмотрение энергии и информации целесообразно проводить совместно с анализом развития структур сигналов от простых, элементарных к сложным составным. Сигналы и коды – мозг технической энергоинформационной системы.

Простые, или элементарные, сигналы имеют выражение $S(t, c) = c\eta(t)$, здесь c – энергоинформационный параметр, $\eta(t)$ – переносчик информации.

Информация в любой системе связи – системе передачи данных, телевидении, телефонии, телеграфии, факсимильной системе – заключена в значении параметра c .

В системах передачи непрерывных сообщений величина c – непрерывная или аналоговая. В системах передачи цифровой информации c – дискретные величины. В настоящее время в цифровых системах в основном используется двоичное кодирование (двоичная логика), т.е.

$$c = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \text{ либо } c = \begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}. \quad (11)$$

Наряду с двоичным используется троичный код

$$c = \begin{cases} +1 \\ 0 \\ -1 \end{cases}. \quad (12)$$

В общем случае в цифровых энергоинформационных системах может использоваться q -ичный код, где q – любая дискретная величина или цифра $\{2,3,4\}$.

Если выбрать в качестве переносчика информации гармоническое колебание $\eta(t) = \cos \omega t$, то элементарный двоичный сигнал имеет вид

$$\begin{aligned} S_1(t, c) &= c\eta(t) = c \cos \omega t; \\ S_2(t, c) &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Если $\eta(t) = \sin \omega t$, то

$$\begin{aligned} S_1(t) &= c \sin \omega t, \\ S_2(t) &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Сигналы, определяемые выражениями (13) и (14), называются сигналами амплитудной модуляции (манипуляции).

Сигналы частотной модуляции имеют вид

$$\begin{aligned} S_1(t, c) &= c \sin \omega_1 t, \\ S_2(t, c) &= c \sin \omega_2 t, \omega_1 \neq \omega_2. \end{aligned} \quad (15)$$

Сигналы фазовой модуляции запишем как

$$\begin{aligned} S_1(t, c) &= c \sin \omega t, \\ S_2(t, c) &= -c \sin \omega t. \end{aligned} \quad (16)$$

С точки зрения математической статистики любое сообщение в технической энергоинформационной системе представляет собой случайный набор звуков, слогов, слов, фраз, букв, цифр, разных условных знаков, движущихся или неподвижных изображений.

Количественно информация определяется энтропией источника. Энтропия отображает меру случайности сообщения.

Максимальной энтропией, или наибольшей содержательностью обладает случайный процесс (шум). Он способен нести в себе максимум информации.

Переносчики информации описываются регулярной (детерминированной) функцией $\eta(t)$. Регулярный сигнал не несёт в себе информации (это "лошадки", перевозящие "седоков" – информацию). Передача информации осуществляется с помощью модулированных сигналов, в которых несущая – переносчик информации $\eta(t)$ есть регулярный сигнал. На несущую "посажена" информация в виде случайного аналогового или дискретного сигнала – коэффициенты c . По закону изменения случайного сигнала осуществляется модуляция несущей.

Статистическая теория связи состоялась как наука благодаря тому, что К. Шеннон установил количественную меру информации.

Сообщение может быть дискретным либо аналоговым. Любое аналоговое сообщение с помощью операции квантования преобразуется в дискретную, в частности, цифровую форму. Поэтому представление сообщения в дискретной форме имеет универсальный характер.

Источник дискретных сообщений выдаёт последовательность элементарных сообщений $\{c_i\}$, каждое из которых выбирается из дискретного ансамбля (алфавита) $\{c_1, c_2, \dots, c_m\}$. Величину m называют объёмом алфавита источника сообщений.

В каждом элементарном сообщении для получателя содержится определённая информация как совокупность сведений о состоянии некоторой системы, в нашем случае – о состоянии дискретного источника сообщений. Шенноновская количественная мера информации не учитывает её смыслового содержания, а также полезность или ценность информации для получателя. Шенноновское определение количественной меры информации основывается на том, что у получателя сообщений до того, как связь состоялась, всегда имеется некоторая неопределённость относительно того, какое сообщение c_i из числа возможных будет передано по каналу связи.

Степень неопределённости (неожиданности) передачи сообщения c_i определяется его априорной вероятностью $p(c_i)$. Следовательно, объективная количественная мера информации, содержащаяся в элементарном сообщении дискретного источника, определяется, в конечном счёте, вероятностью выбора данного сообщения и естественно определить её как некоторую функцию вероятности. Эта же функция будет характеризовать и степень неопределённости ожидаемых сообщений.

В общем случае вероятность $p(c_i)$ выбора источником того или иного элементарного сообщения c_i (буквы, знака, символа, цифры) зависит от того, какие знаки были выбраны раньше, т.е. является условной вероятностью и не совпадает с априорной вероятностью этого выбора. Для

простоты анализа можно считать, что элементарные символы c_i взаимонезависимы. При этом все c_i образуют полную группу событий, т.е. $\sum_{i=1}^m p(c_i) = 1$.

Количественная мера информации I_1 как мера неопределённости дискретного распределения, заданного своими безусловными вероятностями $p(c_i), i = \overline{1, m}$, определяется энтропией H

$$H = -\sum_{i=1}^m p(c_i) \log p(c_i) = I_1. \quad (17)$$

Если символы c_i взаимонезависимы и равновероятны, т.е. $p(c_i) = \frac{1}{m}$, то справедливо выражение

$$H = -\sum_{i=1}^m p(c_i) \log p(c_i) = -\sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \log \frac{1}{m} = \log m = I_1. \quad (18)$$

Дискретный двоичный источник ($m = 2$), имеющий независимые и равновероятные символы, обеспечивает энтропию H , или количество информации одного символа I_1 , равное

$$H = I_1 = \log_2 2 = 1 \text{ дв.ед.} = 1 \text{ бит}. \quad (19)$$

Такая единица количества информации называется двоичной. Одна двоичная единица информации содержится в сообщении о том, что наступило одно из двух равновероятных событий. Двоичную единицу информации называют также "бит" (от английских слов binary digit – двоичная единица). Широкое использование двоичной единицы информации объясняется преимущественным распространением двоичных кодов в вычислительной технике и технике связи. Можно пользоваться и другими единицами количества информации, определяемыми выбором основания логарифма.

Количественная мера информации в виде энтропии, несмотря на её "ограниченность", оказалась чрезвычайно полезной и конструктивной при различных исследованиях сложных энергоинформационных систем. Однако следует отметить, что энтропийная оценка не позволяет установить количественную меру информации с учётом её знака – позитивную и негативную.

Если I_1 – количество информации, содержащееся в одном символе, то в n символах количество информации будет

$$I = nI_1. \quad (20)$$

Такое свойство количественной меры информации называется аддитивностью. Зная количество и время передачи информации, можно определить скорость передачи информации.

Скорость передачи информации в шумящем канале связи (производительность источника информации)

$$R = \frac{I}{T} = \frac{nI_1}{nT_0} = V \log_2 m \frac{\text{бит}}{c}, \quad (21)$$

здесь T – время передачи информации,

T_0 – длительность одного бита информации,

$V = \frac{1}{T_0}$ – скорость модуляции (телеграфирования).

Количество информации, скорость передачи информации – важнейшие характеристики технических энергоинформационных систем.

В теории информации, теории передачи сообщений важную роль играют понятия одноканальная и многоканальная система.

В отличие от одноканальной системы, в которой имеется один источник и один получатель сообщений, в многоканальной имеется m источников и m получателей сообщений. Источники и получатели сообщений называют абонентами (корреспондентами).

Для правильного функционирования многоканальных систем каждому абоненту присваивается свой номер-адрес, свой образ, своя индивидуальность. Это даёт возможность установить адресную (корреспондентскую) связь, несмотря на то, что "эфир" общий для работы всех абонентов.

Общий, иначе групповой или линейный сигнал, в многоканальной системе описывается выражением

$$S_r(t) = \sum_{j=1}^m c_j \eta_j(t), \quad (22)$$

где $S_r(t)$ – групповой (линейный) сигнал,

m – число абонентов многоканальной системы,

$c_j \eta_j(t)$ – индивидуальные сигналы (каналы).

Математическая модель группового сигнала многоканальной системы связи полностью совпадает с обобщённым рядом Фурье. Обобщённый ряд Фурье – математическая модель гармоничных сложных энергоинформационных составных структур.

Математическая модель составной энергоинформационной структуры в виде обобщённого ряда Фурье позволяет установить принципы реализации гармонии в многоканальных системах связи.

В качестве адресов для m абонентов можно выбрать определённый вид формы базисных функций – индивидуальных сигналов $\eta_j(t)$.

Все базисные функции – индивидуальные сигналы $\eta_j(t)$, $j = \overline{1, m}$ не должны быть "похожи" между собой, это обеспечивает разделение абонентов.

В качестве адресов целесообразно использовать совокупность линейно независимых сигналов (базисных функций).

Условие линейной независимости является необходимым и достаточным условием разделения индивидуальных сигналов (базисных функций) между собой.

Линейная независимость переносчиков $\eta_i(t)$, $i = \overline{1, m}$ состоит в том, что тождество

$$c_1 \eta_1(t) + c_2 \eta_2(t) + \dots + c_i \eta_i(t) + \dots + c_m \eta_m(t) \equiv 0 \quad (23)$$

может выполняться только в том случае, когда все коэффициенты c_i одновременно равны нулю. В тех случаях, когда можно подобрать коэффициенты c_i , не равные нулю, при которых условие (23) будет выполняться, переносчики будут линейно зависимыми, и разделить их невозможно.

Определить линейно независимые переносчики $\eta_1(t), \eta_2(t), \dots, \eta_m(t)$ можно на основе анализа определителя Грама. Определитель Грама имеет вид

$$G(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m) = \begin{vmatrix} (\eta_1 \eta_1) & (\eta_1 \eta_2) & \dots & (\eta_1 \eta_m) \\ (\eta_2 \eta_1) & (\eta_2 \eta_2) & \dots & (\eta_2 \eta_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (\eta_m \eta_1) & (\eta_m \eta_2) & \dots & (\eta_m \eta_m) \end{vmatrix}, \quad (24)$$

где $(\eta_i \eta_j) = \int_0^T \eta_i(t) \eta_j(t) dt$ – скалярное произведение переносчиков.

Определитель Грама – положительный, если переносчики линейно независимы, и равен нулю, если они линейно зависимы. Для ортонормированных переносчиков определитель Грама равен единице. Таким образом, ортогональные переносчики относятся к числу линейно независимых. Ортогональность является достаточным условием линейного разделения переносчиков.

На основании анализа определителя Грама можно сделать вывод, что для разделения индивидуальных сигналов в многоканальных системах необходимо использовать ортогональные или любые другие линейно независимые переносчики. Среди линейно независимых ортогональные сигналы обеспечивают более высокие энергоинформационные показатели.

Понятие ортогональности является основным в теории многоканальных систем. Свойство ортогональности индивидуальных сигналов обеспечивает диалектическое единство общего (группового) и частного, целого и индивидуального.

Ортогональность позволяет сохранить каждой базисной функции свой первообраз и легко выделиться из единого целого, т.е. из группового сигнала.

Ортогональные сигналы имеют нулевую взаимную энергию, они некоррелированы, "не похожи" между собой, т.е. $\int_0^T \eta_i(t)\eta_j(t)dt = 0$, если $i \neq j$, T – длительность сигнала.

В то же время

$$\int_0^T \eta_i^2(t)dt = \int_0^T \eta_j^2(t)dt = E_{ин} , \quad (25)$$

где энергия (нормированная) индивидуального сигнала, $E_{ин} = 1$.

Ненормированная энергия индивидуального сигнала

$$\int_0^T c_j^2 \eta_j^2(t)dt = E_{и} . \quad (26)$$

Энергия общего, группового сигнала многоканальной системы

$$E_r = \int_0^T S_r^2(t)dt = E_{и1} + E_{и2} + \dots + E_{иj} + \dots + E_{им} . \quad (27)$$

Если $E_{иi} = E_{иj} = E_{и}$, т.е. энергии индивидуальных сигналов одинаковые, то

$$E_r = mE_{и} . \quad (28)$$

Известно большое количество непрерывных и дискретных ортогональных функций-сигналов. В ряде Фурье используется частный пример ортогональных функций – гармонических.

Рассмотрим, как технически реализуется энергоинформационная система, у которой математическая модель группового сигнала описывается обобщённым рядом Фурье, т.е. как материализуются принципы гармонии в многоканальных системах связи (рис.1).

В передающем устройстве многоканальной системы источники сообщений $ИС_1, ИС_2, \dots, ИС_m$ с помощью своих оконечных устройств формируют первичные электрические сигналы c_1, c_2, \dots, c_m . Между сообщениями и первичными сигналами существует взаимоднозначное соответствие-изоморфизм. Первичные электрические сигналы поступают на индивидуальные преобразователи $ИП_1, ИП_2, \dots, ИП_m$, на другой вход которых подаются переносчики информации от специального формирователя (генератора) переносчиков. Формирователь переносчиков создаёт совокупность ортогональных базисных сигналов $\eta_1(t), \eta_2(t), \dots, \eta_m(t)$, например гармонических функций-сигналов ряда Фурье либо других ортогональных сигналов. На выходе индивидуальных преобразователей имеют место индивидуальные сигналы $S_j(t) = c_j \eta_j(t)$, $j = \overline{1, m}$. Объединение индивидуальных сигналов $S_j(t)$ в

единое целое – групповой сигнал $S_r(t) = \sum_{j=1}^m S_j(t)$ осуществляется суммирующем устройством

Σ . Групповой сигнал поступает в общий для всех источников сообщений канал связи. В случае необходимости групповой сигнал может преобразоваться в линейный сигнал для наилучшего согласования с каналами связи.

В приёмном устройстве многоканальной системы групповой сигнал принимается непосредственно либо с помощью несложных преобразований линейного сигнала.

Разделение переносчиков в приёмном тракте можно осуществить с помощью корреляторов либо согласованных фильтров K_1, K_2, \dots, K_m , реализуя оптимальный когерентный или некогерентный приём. Для разделения (селекции) индивидуальных сигналов с помощью устройства синхронизации необходимо сформировать синхронные и синфазные опорные ортогональные

переносчики $\eta_{01}(t), \eta_{02}(t), \dots, \eta_{0m}(t)$. Это возможно при реализации синхронизации по фазе, частоте, такту.

Действие оператора разделения Π_i (т.е. операции выделения i -го индивидуального сигнала) аналогично операции свёртки и может быть записано следующим образом:

$$\Pi_i \{ \sum_{j=1}^m c_j \eta_j(t) \} = \sum_{j=1}^m \Pi_i c_j \eta_j(t) = \sum_{j=1}^m c_j \int_0^T \eta_j(t) \eta_{0i}(t) dt = \begin{cases} c_i, & i = j; \\ 0, & i \neq j, \end{cases} \quad (29)$$

здесь T – длительность сигнала.

Использование ортогональных переносчиков совместно с оптимальными методами их обработки позволяет осуществить построение высокоэффективных многоканальных систем связи с синхронным разделением сигналов по форме.

В то же время отсутствие строгой ортогональности переносчиков сопровождается шумами неортогональности $\sum_{j=1}^m c_j \int_0^T \eta_j(t) \eta_{0i}(t) dt$, т.е. дисгармонией абонентов.

Построение синхронных многоканальных систем, в том числе с разделением сигналов по форме, сопряжено со значительными трудностями реализации устройств синхронизации. Устройство синхронизации можно упростить, если использовать ортогональные в усиленном смысле переносчики. В этом случае не требуется фазовая синхронизация, поскольку для разделения переносчиков применяются оптимальные некогерентные методы приёма.

Условию ортогональности в усиленном смысле удовлетворяют, например, следующие компоненты ряда Фурье:

$$\eta_1(t) = \cos \omega t, \eta_2(t) = \cos 2\omega t, \dots, \eta_m(t) = \cos m\omega t$$

либо

$$\eta_1(t) = \sin \omega t, \eta_2(t) = \sin 2\omega t, \dots, \eta_m(t) = \sin m\omega t.$$

В общем виде условие ортогональности в усиленном смысле можно записать в виде

$$\int_0^T \eta_i(t) \eta_j(t + \tau) dt = \begin{cases} 0, & i \neq j; \\ 1, & i = j, 0 \leq \tau \leq T. \end{cases} \quad (30)$$

здесь рассматриваются ортонормированные переносчики.

Ортогональные в усиленном смысле переносчики сохраняют ортогональность при произвольных временных (фазовых) сдвигах.

На основе использования ортогональных в усиленном смысле переносчиков возможно построение не только синхронных, но и асинхронных многоканальных систем с разделением сигналов по форме.

Если обеспечить автономную синхронизацию по частоте за счёт выбора достаточной стабильности опорных генераторов в передающем и приёмном устройствах многоканальной системы связи, то для разделения указанных переносчиков необходимо синтезировать лишь устройство тактовой синхронизации.

Наряду с аналоговыми могут быть выбраны дискретные переносчики, удовлетворяющие условию ортогональности в усиленном смысле точно или приближённо. Если переносчики удовлетворяют условию ортогональности приближённо, т.е.

$$(\eta_i, \eta_j) = \int_0^T \eta_i(t + \tau) \eta_j(t) dt \approx 0, i \neq j, 0 \leq \tau \leq T, \quad (31)$$

то они называются квазиортогональными. В основном переносчики, формируемые на основе дискретных, в частности двоичных последовательностей, являются квазиортогональными. Поскольку взаимокорреляционные функции у квазиортогональных сигналов отличны от нуля, то точное разделение переносчиков невозможно, между сигналами различных каналов имеют место переходные помехи (шумы неортогональности). При достаточно большом количестве каналов в силу центральной предельной теоремы теории вероятностей шумы неортогональности нормализуются и оказывают на полезный сигнал такое же мешающее влияние, как и флуктуационный шум. Несмотря на отмеченные недостатки, использование ортогональных (квазиортогональных) в усиленном смысле переносчиков являются удобным, поскольку за

каналами не закрепляются ни частотные, ни временные интервалы, абоненты могут реализовать режим работы со свободным доступом к линии (каналу) связи. В многоканальных системах связи со свободным доступом (с незакреплёнными каналами) каждому абоненту присваивается определённая форма переносчика, которая является его "адресом", отсюда название "асинхронные адресные системы связи" (ААСС), или дискретно-адресные системы связи. Важным достоинством ААСС является то, что здесь нет необходимости в центральной коммутационной станции. Все абоненты имеют прямой доступ к каналу (линии) связи для соединения друг с другом без перестройки передающих и приёмных устройств. Подобно системам автоматической телефонной связи в данном случае достаточно для организации связи набрать адрес (выбрать форму переносчика) вызываемого абонента (рис.2).

Однако следует отметить, что, несмотря на значительные теоретические достоинства асинхронно-адресных систем связи, практическая их реализация в существенной мере проблематична, поскольку в них заведомо существуют шумы неортогональности, уровень которых растёт с увеличением числа абонентов, передающих информацию, – "активных" абонентов. Возможны меры, ограничивающие число "активных" абонентов с целью ограничения шумов неортогональности, однако это приводит к ограничению пропускной способности и в итоге к снижению возможностей многоканальной системы.

Для увеличения достоверности информации, если величина мощности шума $P_{ш}$ фиксирована, требуется рост мощности сигнала P_c , что связано с ростом энергетических затрат. Но энергетические возможности любой системы всегда ограничены. Невозможен постоянный рост энергетических затрат. Этот факт привёл в итоге к кризису в энергоинформационных системах.

Многоканальные системы по помехоустойчивости равноценны одноканальным при одинаковых значениях $\frac{E(\rho - r)}{N_0} = \frac{P_c}{P_{ш}}$. Главная задача многоканальных систем – обеспечить информационный обмен большого количества абонентов, больших потоков информации. Но на примерах построения многоканальных систем были получены знания для уяснения, осознания принципов гармонии в сложных энергоинформационных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суворов Н.П., Суворова И.Г. Введение в космологию. Части I–VII. – Харьков: Издатель Шуст А.И., 2003.- 172 с.
2. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. –М.: Изд-во иностр. Лит.- 1963. – 829 с.
3. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. –М.: Сов. Радио, 1970. –727 с.
3. Суворов Н.П. и др. Системы каналообразования и проводной связи. –МО СССР, 1991. – 412 с.