

УДК 621.396.6:621.397

А.С. Попов

Определение критериев оптимальности зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций в одночастотной сети

Предложены критерии оптимальности зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций.

Предложен алгоритм определения критериев оптимальности.

Ключевые слова: критерии оптимальности, уравнение оптимальности, зона покрытия.

Задача параметрической оптимизации. Во многокритериальных задачах оптимизации довольно часто реализуется случай *неопределенности цели*. В этом случае выбор вариантов осуществляется не по их оценкам с помощью единой целевой функции, а по целой группе оценок, находящихся в противоречии друг с другом. Например, задача расчета зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций явно или неявно ставится как задача выбора наилучшего, оптимального варианта из множества доступных. Если бы были только один критерий и отражающий его целевой функционал (целевая функция), скажем, напряженность электромагнитного поля в точке приема, то в этом смысле проблемы бы не было. Имея конечное множество исходных вариантов, был выбран самый высокий уровень напряженности [1]. Обычно ситуация осложняется тем, что при расчете учитываются и другие показатели (оценки), такие как выходная мощность телевизионной радиостанции, количество ошибок транспортного потока, скорость транспортного потока, высота подвеса передающей антенны, отношение сигнал/шум и т.д. При этом возникают и нечисловые характеристики, такие как субъективная оценка качества принимаемого изображения, вид модуляции.

Постановка задачи. Текущая задача оптимизации относится к задачам 2-го типа, где объем или соотношение имеющихся ресурсов зафиксирован, нужно найти наилучший вариант их использования для получения максимального результата.

Пропускная способность системы DVB-T2 будет определяться выбором целого ряда системных параметров. Для этой цели предусмотрено множество опций, и о конкретной конфигурации приемники будут информироваться с помощью сигнализации. Выбор параметров представляет собой процедуру оптимизации работы системы, например поиск компромисса между долей служебной информации и временем переключения с канала на канал или между пропускной способностью и устойчивостью к помехам.

Задача параметрической оптимизации в общем случае ставится как многокритериальная задача с ограничениями (1):

$$y_i(x, \xi) \rightarrow \min, \quad i \in [1: \kappa], \quad x \in \mathbf{D} \subset R^n, \quad \mathbf{D} = \{x \in R^n \mid g_i(x, \xi) \leq 0, \\ i \in [1: m], \quad g_i(x, \xi) = 0, \quad j \in (m+1: S)\}, \quad (1)$$

где x – входные параметры, ξ – внешние параметры, y – выходные параметры, \mathbf{D} – вектор структурных параметров.

Множество $\{y_1, \dots, y_\kappa\}$ образует множество критериальных выходных параметров, имеющих смысл частных критериев оптимальности и характеризующих качество объекта оптимизации. Наличие нескольких частных критериев, по существу, отражает ту неопределенность цели, которая явно или не явно присутствует при оптимизации любого сколько-нибудь сложного объекта [1].

Критерии оптимальности. Как сказано выше, задача должна решаться как многокритериальная. Чтобы найти верное решение и учесть все варианты исхода событий, нужно соблюсти следующие условия (2):

$$\begin{cases} E \in [E_1; \infty), \\ BER \cdot TS \rightarrow 0, \\ S/N > S/N_1, \\ EVM < 7\%, \\ r_1 < r < r_2, \quad r \in (o; m), \end{cases} \quad (2)$$

где E – напряженность электромагнитного поля (мкВ/м); BER – ошибки транспортного потока; S/N – отношение сигнал/шум (дБ); EVM – величина вектора ошибки; r – радиус зоны покрытия (м); $E_1, S/N_1, r_1, r_2$ – натуральные числа.

Между тем многие из критериев являются противоречивыми; улучшение одного из них при изменении вектора управляемых параметров приводит к ухудшению другого.

Алгоритм определения оптимальных критериев. Наилучшим случаем определения критериев оптимальности с точки зрения максимальной эффективности будет случай, когда напряженность электромагнитного поля будет достаточной для приема транспортного потока с наименьшим количеством ошибок, будет соблюдена зона покрытия цифровой телевизионной радиостанции (ЦТРСт), также конечные изображения и звук будут соответствовать оценке «отлично» в шкале субъективной оценки качества [2]. Либо они должны соответствовать «Руководству по измерениям» TTR 101 290 и спецификации ETSI ETR 101 290 [3, 4].

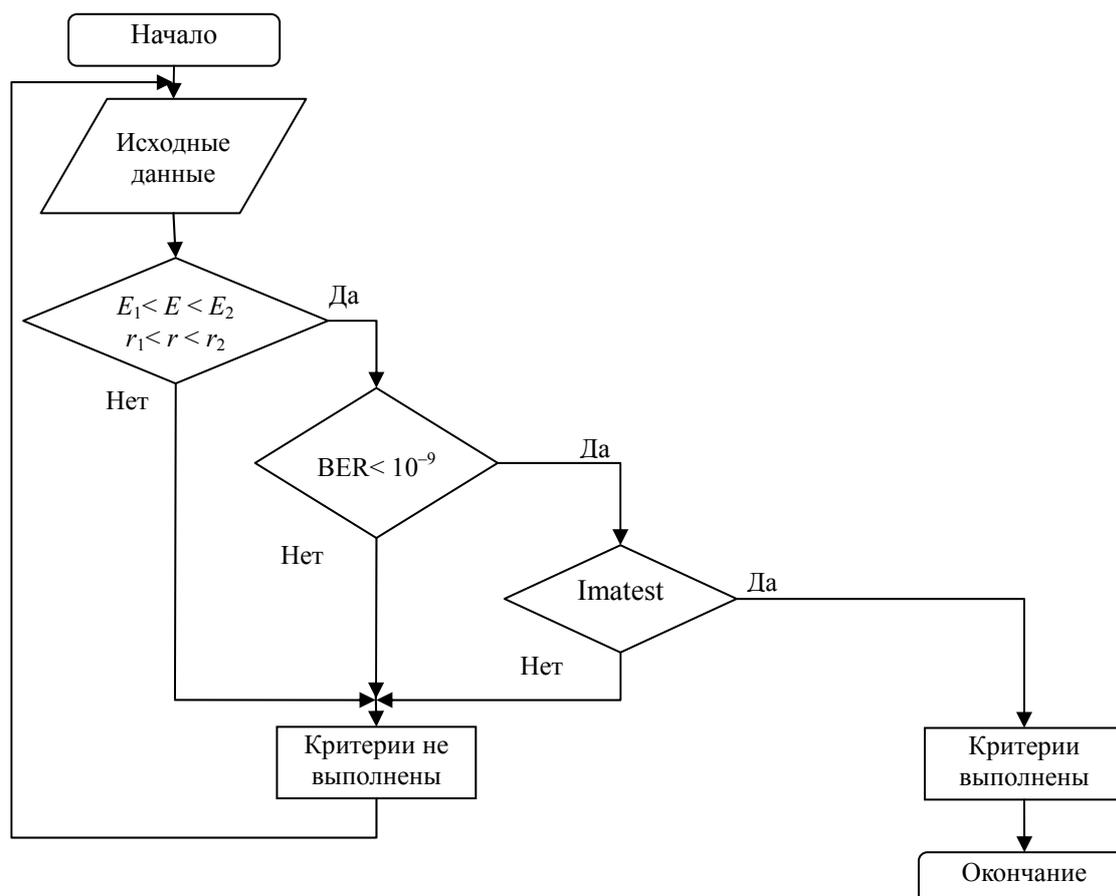


Рис. 1. Алгоритм определения оптимальных критериев

Алгоритм работает по принципу компаратора, т.е. на различных этапах преобразования сигнала происходит сравнение реального сигнала с эталонным. На первом этапе уровень напряженности и зона покрытия сравниваются с эталонными значениями, если уровень напряженности достаточен, то далее идет сравнение по следующим (ошибки транспортного потока и т.д.) признакам и на последнем этапе анализируется качество изображения средствами программного продукта, например Imatest [5].

Выражение точки с оптимальной напряженностью поля. Установим, что есть необходимость на расстоянии r от ЦТРСт (рис. 2, а) принимать радиосигнал с напряженностью поля E . В тоже время может сложиться ситуация, когда напряженность поля недостаточна для уверенного приема и радиус зоны покрытия составит $r - \Delta r$, также напряженность поля может быть избыточной, и радиус зоны покрытия составит $r + \Delta r$.

Представляя положение точек в полярной системе координат [6], получим: $M_{\varphi_1}(r - \Delta r, \varphi_1)$, $M_{\varphi_2}(r, \varphi_1)$, $M_{\varphi_3}(r + \Delta r, \varphi_1)$. Цифровую телевизионную радиостанцию обозначим точкой О (рис. 2, б).

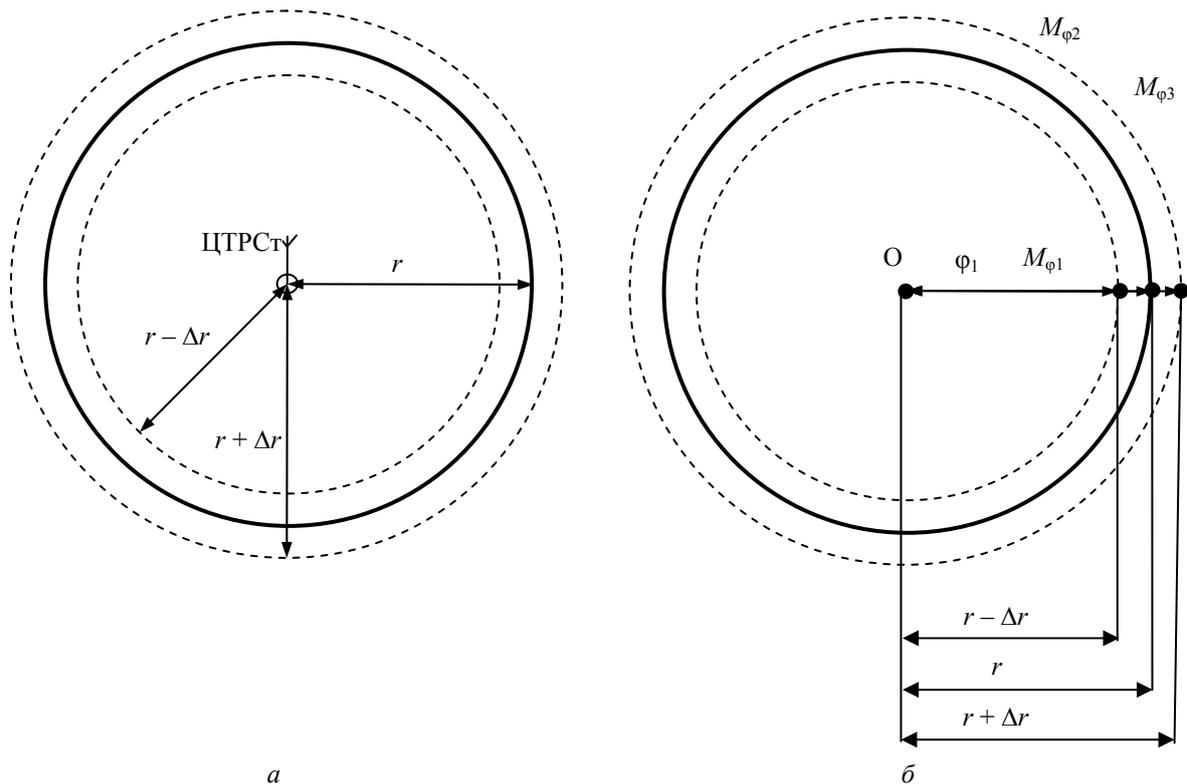


Рис. 2. зона покрытия цифровой телевизионной радиостанции – а;

б – представление в полярной системе координат зоны покрытия цифровой телевизионной радиостанции

Исходя из того, что площадь условной геометрической фигуры будет равна [6]:

$$\begin{cases} S_1 = \pi \cdot ((r + \Delta r)^2 - r^2), \\ S_2 = \pi \cdot (r^2 - (r - \Delta r)^2). \end{cases} \quad (3)$$

$$S_1 + S_2 = S_{opt} \rightarrow 0, \quad (4)$$

где S_{opt} – оптимальная площадь, получим, что степень оптимальности напрямую зависит от величины Δr , т.е. $|\Delta r| \rightarrow 0$.

Заключение

1. Предложен алгоритм определения оптимальных критериев.
2. Предложен критерий оптимизации зон покрытия цифровых телевизионных радиостанций.
3. Критерий способствует сведению баланса между качеством сигнала в точке приема и затратами на излучение напряженности электромагнитного поля, т.е. электромагнитное поле не будет распространено за границами зоны покрытия.

4. Полученные результаты планируются использовать в дальнейших исследованиях и разработке программного продукта.

Работа выполнена по Госзаданию ТУСУРа «Наука–2012».

Литература

1. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.
2. Правила технической эксплуатации средств вещательного телевидения / Министерство РФ по связи и информатизации. Департамент радио, телевидения и спутниковой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 176 с.
3. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.broadcasting.ru/pdf-standard-specifications/transmission/dvb-t/den300744.v1.5.1.oap20041029_040630-041029.pdf свободный (дата обращения: 24.08.2012).
4. Walter Fischer. Digital Video and Audio Broadcasting Technology. A Practical Engineering Guide. – Second Edition. – 2008. – 601 p. – Springer Series on Signals and ccommunication Technology.

5. Iatest. Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imatest.com/docs>, свободный (дата обращения: 24.08.2012).

6. Ефимов Н.В. Линейная алгебра и многомерная геометрия / Н.В. Ефимов, Э.Р. Розендорн. – М.: Наука, 1970. – 526 с.

Попов Александр Сергеевич

Аспирант каф. телевидения и управления ТУСУРа

Тел.: 8-(382-2) 41-33-80

Эл. почта: mailrus@bk.ru

Роров А.С.

Determination of optimal criteria for area coverage of digital television stations in SFN

Optimality criteria have been proposed to the coverage of digital television stations. The algorithm has been proposed for determining optimal criteria.

Keywords: optimization criteria, the equation of optimality coverage.