

предназначенной для автоматизации проектирования САО технических объектов и позволяющей оценить эффективность САО по набору критериев точности и быстродействия с использованием статистического имитационного моделирования.

Примерами задач, которые могут быть решены проектируемой системой являются задачи распределения нагрузки между энергоблоками тепловой электростанции при работе на различных видах топлива [4]. Особенностью разрабатываемых моделей и методов является возможность идентификации модели системы и оптимизация системы в реальном времени без нарушения хода процессов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молчанов А.Ю., Финаев В.И. Модели систем автоматической оптимизации с нечеткими параметрами. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 218 с.
2. Финаев В.И. Моделирование при проектировании информационно-управляющих систем. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 118 с.
3. Ивахненко А.Г. Самообучающиеся системы распознавания и автоматического управления. – Киев: Техніка, 1969. – 392 с.
4. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М: Изд-во Машиностроение-1, 2004.

**Н.В. Шкрибляк**

#### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЧАСТОТНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ И ФИКСИРОВАННОЙ РАДИОСВЯЗИ**

В настоящее время рядом западных и отечественных фирм разработаны и продаются пакеты программ узкоспециализированных ГИС.

В Российской Федерации созданы и развиваются ряд систем общего назначения, например, "Новый информационный атлас России", в создании которого принимают участие Институт земельных ресурсов, Министерство геологии РФ, Госкомгеологии, Леспроект и др. Многие отечественные фирмы, разрабатывающие программные продукты, предлагают сегодня пакеты программ для ведения цифровых карт и специализированных геоинформационных систем.

Рассмотрим вопросы применения геоинформационных баз данных (ГБД) в задачах частотно-территориального планирования сетей радиосвязи фиксированной и подвижной служб [1]. Учитывая тот факт, что планирование сетей подвижной радиосвязи значительно сложнее, чем фиксированных сетей, основное внимание далее будет уделено сетям первого типа.

Планирование фиксированных сетей можно рассматривать как частный (упрощенный) случай планирования сетей подвижной радиосвязи. Анализ состояния и перспектив развития сетей подвижной радиосвязи вскрывает ряд проблем, носящих общий характер, основными из которых являются:

- ♦ объективная необходимость повышения диапазона используемых радиочастот для увеличения канальной емкости оборудования и пропускной способности систем обуславливает дополнительные трудности при планировании сетей (выборе мест развертывания базовых станций и обосновании параметров их элементов);

- ◆ длительный срок окупаемости вложенных средств вызывает необходимость определения рациональной стратегии развития подвижных служб связи с учетом особенностей конкретного района;
- ◆ увеличение числа и динамики пользователей на ограниченной территории требует обеспечения эффективного управления сетью.

Указанные проблемы в значительной мере могут быть разрешены путем широкого использования технологий геоинформационных систем (ГИС-технологий) при частотно-территориальном планировании сетей подвижной радиосвязи, которые обеспечивают повышение качества решений, принимаемых при выборе мест размещения БС, и дают возможность оптимизации структурно-топологических и технических характеристик сетей подвижной радиосвязи.

ГИС могут также применяться для оптимального планирования и организационно-технического управления системами подвижной радиосвязи.

Обобщенная функциональная схема системы частотно-территориального планирования представлена на рис.1 [2].

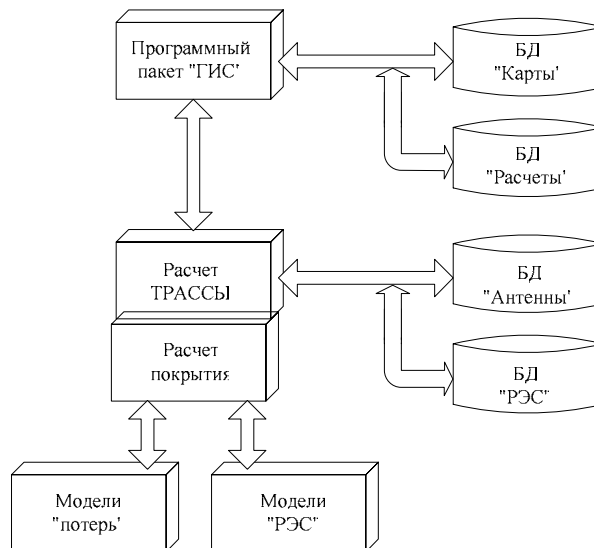


Рис.1. Обобщенная функциональная схема частотно-территориального планирования

В частотном планировании для целей упрощения расчетов широко используются нормы частотно-территориального разнеса, где отражается расстояние, на которое работающие радиовещательные станции должны быть удалены друг от друга при заданной разности их несущих частот. Требуемый частотно-территориальный разнос определяется тремя основными факторами:

- ◆ мощностью излучения передающей станции;
- ◆ дальностью их радиогоризонта (зависящей от высоты передающей антенны над уровнем земли);
- ◆ помехоустойчивостью приемника.

Однако из-за большого разброса параметров различных мощных и маломощных передающих станций – коэффициентов усиления передающих антенн и их диаграмм направленности, поляризации, высот подвеса передающих антенн над

уровнем земли, эффективных высот (с учетом рельефа местности), смещения несущих частот и т.д., разработать единый критерий частотно – территориального разноса не представляется возможным.

Поэтому при проведении анализа электромагнитной совместимости производится расчет напряженности поля мешающих станции в месте установки и на границах зоны обслуживания исследуемой станции.

Нужно отметить, что проведение расчетов электромагнитной совместимости требует определения напряженности поля от участвующих в расчете станций, полезных и мешающих, а также статического суммирования напряженности поля в большом количестве точек, и поэтому, особенно в случае учета рельефа местности и водных трасс, является достаточно трудоемкой.

Задача проведения расчета для некоторой исследуемой базовой станции состоит в следующем:

- ◆ определить возможную зону обслуживания исследуемой станции при условии действия на нее помех со стороны других мешающих станций;
- ◆ определить степень ухудшения качества приема других действующих станций в зонах их обслуживания при вводе исследуемой станции в эксплуатацию.

Размер и конфигурация зоны обслуживания определяется следующими двумя условиями, которые должны выполняться в каждой ее точке:

- ◆ суммарная напряженность полей полезных станций равна или превышает минимальную используемую напряженность поля  $E_{ПОЛ} \geq E_{МИН}$  .
- ◆ суммарная напряженность полей полезных станций равна или превышает суммарную напряженность поля мешающих станций с учетом защитных отношений  $E_{ПОЛ} \geq E_{МЕШ} + A$  , где  $A$  – защитное отношение.

Величина  $E_{МИН}$  определяется с учетом всех факторов, играющих роль при приеме сигнала в заданной полосе частот.

Напряженность поля в расчетах электромагнитной совместимости всегда является статистически усредненной величиной. Также имеет место флуктуация напряженности поля по времени из-за изменения свойств распространения радиоволн в атмосфере в зависимости от погодных условий, времени года и времени дня. Расчет зоны обслуживания может проводиться как без учета помех для среднего уровня естественных природных шумов, характерного для данной полосы частот, так и с учетом мешающего влияния других работающих в смежных частотах станций.

В первом случае полученная зона обслуживания дает представление о потенциальной, максимально достижимой зоне обслуживания для данной сети; во втором – о реально достижимой в условиях конкретной электромагнитной обстановки.

Для приближения оценки размера зоны обслуживания целесообразно рассмотреть идеальную зону, которая в простейшем случае с ненаправленной в горизонтальной плоскости передающей антенной на среднeperесеченной местности представляет из себя идеальный круг с центром в месте установки станции. Радиус круга  $r$  в этом случае вычисляется исходя из соотношения:

$$E_{ПОЛ}(r) = E_{МИН} , \quad (1)$$

где  $E_{ПОЛ}(r)$  – напряженность поля полезной станции на расстоянии  $r$  от нее;  $E_{МИН}$  – минимальная используемая напряженность поля.

Таким образом, радиус идеальной зоны находится по кривой распространения или из условия (1).

Рассмотрим принцип защиты по критерию территориального разнесения представленный на рис.2.

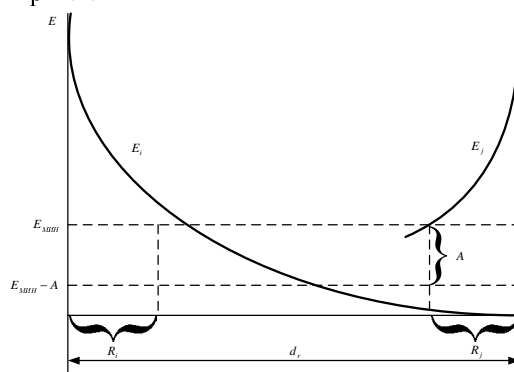


Рис.2. Графическое представление территориального разнесения

Здесь  $E_i, E_j$  — напряженность поля станций  $i$  и  $j$ ;  $A$  — защитное отношение;  $R_i, R_j$  — радиусы идеальных зон станций  $i$  и  $j$ ;  $d_r$  — минимально необходимое территориальное разнесение двух станций.

Допустим  $E_j$  — полезная станция,  $E_i$  — мешающая. Будем считать, что полезная станция не будет испытывать помех от мешающей, если на границе зоны обслуживания напряженность поля помехи полезной станции плюс величина защитного отношения ( $A$ ) будет меньше, чем напряженность поля полезного сигнала.

Даже из общих соображений ясно, что, идеальные зоны полезной станции и мешающих станций в совмещенном канале ( $A \gg 0$ ) не должны перекрываться. Как видно из рисунка, расстояние разнесения  $d_r$  складывается из суммы радиусов идеальных зон ( $R_i + R_j$ ) и некоторого добавочного расстояния, которое обозначим как  $R_{ДОБ}$ .

Зная радиусы идеальных зон и, умножив сумму радиусов идеальных зон на некоторый коэффициент, отражающий величину защитного отношения, можно получить необходимое расстояние разнесения. Если расстояние между станциями меньше, чем полученное значение расстояния разнесения, то мешающее влияние превысит допустимую величину. Коэффициент запаса по расстоянию может быть подобран для любых двух выбранных станций по следующему правилу:

1) определяется расстояние, на которое нужно удалиться от границы идеальной зоны мешающей станции, чтобы напряженность поля от нее  $E_{МЕШ}$  равнялась минимальной используемой напряженности поля для полезной станции за вычетом необходимого защитного отношения:

$$E_{МЕШ} = E_{МИН} - A; \quad (2)$$

2) отношение суммы длин радиусов идеальных зон полезной и мешающей станции, а также найденного расстояния к сумме длин радиусов полезной и мешающей станции дает значение коэффициента запаса по расстоянию:

$$K_3 = \frac{r_{\text{ПОЛ}} + r_{\text{МЕШ}} + r_{\text{ДОБ}}}{r_{\text{ПОЛ}} + r_{\text{МЕШ}}} . \quad (3)$$

Расстояние  $r_{\text{ДОБ}}$  определяется исходя из условия (2).

Введем в формулу (3) дополнительную величину  $r_{\text{АПП}}$ , представляющую приблизительную оценку требуемого добавочного расстояния  $r_{\text{ДОБ}}$ . Для этого аппроксимируем кривую распространения степенной функцией. Так как упрощенный метод оценки электромагнитной совместимости не должен требовать проведения сложных расчетов, используем степенную функцию вида:  $E(d) = E_{\text{МАХ}} - \alpha d^{\beta}$ , где  $E_{\text{МАХ}}$  – максимальная величина напряженности поля в свободном пространстве;  $E_{\text{МАХ}} = 106,6 \text{ дБВт}$ ;  $\alpha, \beta$  – коэффициенты;  $E(d)$  – напряженность поля на расстоянии  $d$  от передающей станции.

При проведении расчетов электромагнитной совместимости часто ввиду сложной электромагнитной обстановки соглашаются со значительным сужением зоны обслуживания исследуемой станции. Превышение полем помехи значения минимальной используемой напряженности поля на границе зоны станции на 2-3 дБ не лишит ее возможности работы, а только сократит зону обслуживания.

Следовательно, поскольку рассмотренный критерий предназначен для качественной оценки возможности использования тех или иных частот, даже относительная ошибка в пределах 10-15% не является существенной для принятия решения. Более того, при рассмотрении исследуемой станции нужно иметь некоторый “запас гибкости” в том случае, когда обучение зоны обслуживания в определенных пределах является приемлемым.

При использовании данного метода полученная конфигурация сети проверяется путем проведения более подробных вычислений с учетом особенностей распространения сигнала и рельефа местности. Погрешность приведенного предварительного критерия оценки совместимости связана с тем, что не учитывается возможное суммарное действие полей нескольких помех, что приведет к обнаружению зоны обслуживания по отношению к идеальной.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шкрибляк Н.В. Проектирование сети ретрансляционной связи // Материалы VII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов «Техническая кибернетика, радиоэлектроника и системы управления». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004.
2. Бабков В.С. Вознюк М.А. Дмитриев В.И. Системы мобильной связи // СПб ГУТ, Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990. – 272 с.