

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ БОЛЬШОЙ СОВОКУПНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РАДИОЧАСТОТНОГО МОНИТОРИНГА

В статье рассматриваются вопросы методики анализа межсистемной электромагнитной совместимости (ЭМС) для наземных радиоэлектронных средств (РЭС) в интересах создания информационной системы радиочастотного мониторинга (ИСРМ) в диапазонах ОВЧ и УВЧ (вопросы объектовой ЭМС автором не рассматриваются). Попытки создания подобных систем предпринимались и ранее. С 1986 г в областных ГИЭ эксплуатировалась система «Марс» (предназначенная для анализа ЭМС только телевизионных и подвижных систем, работающих в диапазоне частот 30...150 МГц), есть определенный опыт в создании таких систем и у администраций других государств. Однако, в силу специфики Национальной таблицы распределения частот Украины, покупка такой системы за границей потребует не только значительных финансовых средств, но и большого объема доработок (попытка использовать в России французскую систему «Эллипс» не увенчалась успехом [1]). Таким образом, достаточно конструктивной системы, пригодной для практического решения задачи автоматизированного расчета ЭМС большой совокупности РЭС, до настоящего времени не создано. Создание концепции ИСРМ позволяет эту задачу решить.

Алгоритм экспертизы заявки на приобретение (эксплуатацию) РЭС для присвоения частоты новым РЭС начинается с ввода в ЭВМ данных из базы данных заявок (БДЗ), в которой для каждой из рассматриваемой симплексной радиостанции указана одна частота, а для каждой дуплексной радиостанции – две частоты (частота передачи и частота приема). Далее производится прогнозирование ЭМС каждой стационарной радиостанции, включенной в БДЗ, с действующими РЭС, включенными в базу данных (БД). Для этого из БДЗ выбирается стационарная радиостанция и вокруг нее формируется группировка действующих станций, которые попадают в зону помех. При этом под зоной помех понимается территориальная зона, в пределах которой могут существовать взаимные помехи между вновь вводимой и действующими РЭС. Группировка РЭС формируется в пределах территориальной зоны с радиусом R_0 и центром в точке расположения новой радиостанции. Зона ограничивается двумя меридианами $\xi_j - \Delta\xi$, $\xi_j + \Delta\xi$ и двумя параллелями $\lambda_j - \Delta\lambda$, $\lambda_j + \Delta\lambda$. Расстояние R_0 рассчитывается из соображений, чтобы уровень помехи на входе любого приемника от вновь вводимой радиостанции не превышал чувствительности наиболее чувствительного приемника из числа расположенных в данном регионе. Радиостанции, учтенные в базе данных с географическими координатами ξ_i, λ_i , которые удовлетворяют условию $\lambda_j - \Delta\lambda \leq \lambda_i \leq \lambda_j + \Delta\lambda$ и $\xi_j - \Delta\xi \leq \xi_i \leq \xi_j + \Delta\xi$, образуют совместно с новой радиостанцией группировку РЭС. Величины $\Delta\lambda$ и $\Delta\xi$ вычисляются с помощью выражений, полученных из формул расчета расстояний между точками с известными географическими координатами:

$$\Delta\lambda = \arccos\left(1 - \frac{R_0^2}{2 \cdot 6375^2}\right), \quad \Delta\xi = \arccos\left(1 - \frac{R_0^2}{2 \cdot 6375^2 \cdot \cos^2 \lambda_j}\right). \quad (1)$$

Первоначальный отбор по частоте производится из условия учета излучения передатчика от 10 субгармоники до 10 гармоники, т.е. $0,1f_{0T} < f_{0Ri} < 10f_{0T}$, (f_{0Ri} – частота настройки i -го приемника). Из состава группировки формируются все возможные пары «приемник-передатчик». Расчет помехи типа ОО (от основного излучения передатчика по основному каналу приема); НО (от неосновного излучения передатчика по основному каналу приема); ОН (от основного излучения передатчика по неосновному каналу приема); НН (от неосновного излучения передатчика по неосновному каналу приема), а также помех, обусловленных эффектом блокирования приемника, производится для всех пар группировки, каждая из ко-

торых состоит из вновь вводимой радиостанции и радиостанций, учтенных в БД системы. С этой целью формируются пары « j приемник – i передатчик» и « i приемник – j передатчик» (индексы j и i приписываются новой радиостанции и радиостанции из БД соответственно). Помехи в паре не рассчитываются, если ее РЭС принадлежат одной сети связи, разрешены на вторичной основе, время работы РЭС никогда не совпадает, оба РЭС являются дуплексными станциями и работают в совмещенном канале. Это объясняется тем, что ЭМС РЭС одной сети обеспечивается на этапе ее проектирования; решение осуществлять работу на вторичной основе, как известно, не гарантирует отсутствие помех работе приемника; дуплексные стационарные станции, работающие в совмещенном канале, не создают взаимных помех. В последнем случае могут быть помехи радиоприему от передатчиков подвижных станций. Об этом, при наличии подвижных станций у передатчика рассматриваемой пары РЭС, выдается сообщение.

Согласно алгоритму расчет помехи производится по формуле

$$P_n = P_T + G_T - a_{\phi T} + G_R - a_{\phi R} + K_{nl} - L(R) - FDR(\Delta f), \quad (2)$$

где P_T – мощность передатчика; G_T – коэффициент усиления антенны источника помех в направлении приемника; G_R – коэффициент усиления приемной антенны в направлении источника помех; $a_{\phi T}$, $a_{\phi R}$ – потери в передающем и приемном фидерных трактах соответственно; K_{nl} – коэффициент, учитывающий различия поляризаций антенн источника и рецептора помех (0...-30); $L(R)$ – потери на расстоянии разнеса R между рецептором и источником помех, для свободного пространства $L(R) = 20 \lg\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right)$ (λ – длина волны); $FDR(\Delta f)$ – коэффициент, показывающий, какая доля мощности помехи, центральная частота которой расстроена на величину Δf относительно частоты настройки приемника, проходит на вход демодулятора.

Расчет по формуле (2) разбивается на три этапа. На первом этапе предполагается, что существуют условия, обеспечивающие максимально возможный уровень помехи на входе приемника: частоты каналов излучения и приема совпадают; весь спектр мощности помехи, излучаемой передатчиком, принимается приемником; коэффициенты усиления передающей и приемной антенн взаимодействующих РЭС максимальны. На втором этапе учитываются селективные свойства приемника рассматриваемой пары РЭС. На третьем этапе производится учет реальных значений коэффициентов усиления антенн взаимодействующих РЭС путем корректировки максимальных значений коэффициентов усиления в зависимости от взаимного разнеса и ориентации в пространстве передающей и приемной антенн по алгоритму, изложенному в [2].

На первом этапе порог отбора выбирается, исходя из величины порога деградации приемника T_D , для чего вначале определяется мощность собственных шумов на входе приемника $P_{ш}$. Затем вычисляется пороговое значение помехи $P_{пор} = P_{ш} - 13$ (дБ). Для сокращения времени расчета величина $P_{пор}$ для каждого приемника может быть рассчитана заранее и занесена в БД РЭС.

Расчет расстояния R между РЭС пары производится по их географическим координатам:

$$R = \Delta R \cdot (180 / \pi), \text{ (км); } \Delta R = 111,2 \arccos(k),$$

$$\text{где } k = \sin \lambda_i \cdot \sin \lambda_j + \cos \lambda_i \cdot \cos \lambda_j \cdot \cos(\xi_i - \xi_j).$$

Необходимость расчета того или иного вида помех в паре РЭС определяется, исходя из начальных условий. Условия существования помехи вида ОО такие: $|f_{OT} - f_{OR}| < 0,2 f_{OR}$. При этом формула для расчета уровня помехи на входе приемника является частным случаем уравнения 2 и имеет вид

$$P_{11} = P_{OT} + G_{OT} - \alpha_{\phi T} + G_{OR} - \alpha_{\phi R} - L(R),$$

где P_{OT} – мощность мешающего передатчика; G_{OT} – коэффициент усиления антенны источника помехи; G_{OR} – коэффициент усиления антенны приемника помехи; $L(R)$ – потери на трассе распространения мешающий передатчик – приемник, рассчитанные по методике, изложенной в [3].

Значение P_{11} сравнивается с пороговым значением помехи. Если $P_{11} \leq P_{пор}$, то рассматриваемая пара «передатчик – приемник» из дальнейших расчетов исключается, т.к. передатчик вновь вводимого РЭС не будет создавать помех работе существующего в БД РЭС приемника. На втором этапе учитываются селективные свойства приемника рассматриваемой пары РЭС: $P_{12} = P_{11} - FDR(\Delta f)$.

В общем случае величина $FDR(\Delta f)$ состоит из дополнительных потерь, возникающих из-за расстройки между несущей частотой источника помех и средней частотой полосы пропускания канала приема приемника (OFR), дБ и дополнительных потерь из-за несовпадения спектра излучения источника помехи с полосой пропускания приемника (OTR), дБ [4]:

$$FDR(\Delta f) = OTR + OFR(\Delta f). \quad (3)$$

Помехи по основному каналу вызываются наличием полезного и мешающего сигналов в одном и том же канале в пределах полосы пропускания усилителя промежуточной частоты. В этом случае слагаемое $OFR(\Delta f)$ в (3) равно нулю и мешающий сигнал нельзя отфильтровать. Уровень помех по совмещенному каналу зависит от характеристик подавления приемника в совмещенном канале и от характеристик излучения передатчика (OTR). Помехи по соседнему каналу наблюдаются в том случае, если мешающий сигнал действует в соседнем канале или же при наличии побочных излучений передатчика. Уровень помех по соседнему каналу зависит от характеристик подавления приемника на радиочастоте $M(f + \Delta f)$ и определяется параметром $OFR(\Delta f)$.

Для практических расчетов более удобным является применение двухуровневых аппроксимаций характеристик излучений и приема РЭС с использованием норм на ширину полосы пропускания (излучения) B на уровнях 60 или 30 дБ. Тогда дополнительные потери, возникающие из-за расстройки между несущей частотой источника помех и частотой настройки приемника OFR, могут быть найдены по формуле (все слагаемые выражены в дБ) [5]

$$OFR = -(\max(M(\Delta f); -S(\Delta f); -100)), \quad (4)$$

где $M(f)$ – спектральная плотность мощности источника непреднамеренной помехи (Вт/Гц); $S(f)$ – характеристика избирательности приемника; $S(f + \Delta f)$ – характеристика избирательности приемника, нормированная относительно частотной расстройки Δf от частоты настройки приемника.

Параметр дополнительных потерь из-за несовпадения спектра излучения источника помехи с полосой пропускания приемника OTR, дБ, может быть найден по упрощенной формуле [4]

$$\begin{aligned} OTR &= K \lg\left(\frac{B_T}{B_R}\right) \quad B_R \leq B_T, \\ OTR &= 0 \quad B_R > B_T, \end{aligned} \quad (5)$$

где $K=10$ для некогерентных сигналов и $K=20$ для импульсных сигналов.

Таким образом, величина дополнительных потерь $FDR(\Delta f)$, определяемых расстройкой между несущей частотой источника помех и средней частотой полосы пропускания приемника, а также несовпадением спектров излучения источника помехи с полосой пропускания приемника, с допустимой для оценки ЭМС РЭС точностью может быть найдена по формулам (3), (4), (5).

Основное уравнение для расчета помехи на третьем этапе является частным случаем уравнения 2 и имеет вид (все слагаемые выражены в дБ)

$$P_{13} = P_{12} + G_T + G_R + K_{nl} - G_{OT} - G_{OR} + \sigma_A,$$

где σ_A – СКО модели антенны при изменении рабочих условий.

Коэффициенты G_T , G_R , K_{nl} рассчитываются по методике, изложенной в [2]. Если $P_{13} \geq P_{пор}$, то данные о помехе запоминаются для анализа возможности возникновения нелинейных эффектов.

Для приемников, использующих в качестве критерия ЭМС защитное отношение сигнал/помеха A , рассчитывается величина $P_{ндон} = P_c/A$. Для этого вначале для каждой пары стационарных РЭС определяется уровень мощности полезного сигнала на входе приемника P_c по формуле (все величины в дБ)

$$P_c = P_T' - \Delta P_T' + G_{OT}' + G_{OR}' - L(R'),$$

где «'» означает воздействие со стороны полезного передатчика, $\Delta P_T'$ – диапазон перестройки мощности полезного передатчика, Вт.

Если приемник, для которого определяется P_c , может принимать сигналы от нескольких стационарных радиостанций, то в этом случае $P_T' = \min\{P_{Ti}'\}$, G_{OT} равен коэффициенту усиления антенны радиостанции, у которой высота антенны $H' = \min\{H_i\}$ минимальна (при этом P_{Ti}' – мощность передатчика i -й станции, а H_i – высота размещения над землей антенны i -й станции). Если радиостанция, для которой определяется P_c , является базовой, т.е. у нее есть подвижные станции, P_{Ti}' – мощность передатчика подвижной станции, $H_i = 1,5$ м, $G_{OT} = 1,5$ дБ, R' равно радиусу зоны обслуживания базовой станции.

Если $P_{13} > P_{ндон}$, значение $P_{13} - P_{ндон}$ печатается в таблице помех в графе «Помеха вида ОО». Также вычисляется вероятность совместной работы РЭС рассматриваемой пары. Если $P_{13} \leq P_{ндон}$, то производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех.

Если начальные условия для расчета помехи вида ОО не выполняются, то производится проверка условий существования помехи вида НО. Условия существования помехи вида НО такие: $0,1f_{OT} < f_{OR} < 10f_{OT}$. Основное уравнение для расчета помехи на первом этапе является частным случаем уравнения 2 и имеет вид:

$$P_{21} = P_{OT} + P_2 + G_{OT} + G_{OR} - \alpha_{\phi T} - \alpha_{\phi R} - L(R),$$

где P_2 – относительный уровень побочных излучений на гармониках.

Значение P_{21} сравнивается с пороговым значением помехи на входе приемника. Если $P_{21} \leq P_{пор}$, то данная пара «приемник – передатчик» из дальнейшего расчета исключается и производится выбор очередной пары для дальнейшего анализа. Если $P_{21} > P_{пор}$, то расчет продолжается на втором этапе.

Основное уравнение для расчета помехи вида НО на втором этапе является частным случаем уравнения 2 и имеет вид: $P_{22} = P_{21} - FDR1(\Delta f)$. Здесь $FDR1(\Delta f)$ – коэффициент, корректирующий величину P_{21} в зависимости от ширины спектра побочного излучения передатчика, характеристики избирательности приемника и частотного разнеса между частотой побочного излучения и центральной частотой приема, дБ.

Поскольку значение коэффициента коррекции $FDR1(\Delta f)$ зависит от величины расстройки анализируемой помехи относительно центральной частоты канала проникновения, то сначала оценивается значение этой расстройки [5]

$$\Delta f = \left| \left[\frac{f_{OR}}{f_{OT}} \right] \cdot f_{OT} - f_{OR} \right|,$$

где $\left[\frac{f_{OR}}{f_{OT}} \right]$ - ближайшее целое. Если в спектре излучений передатчика имеются субгармоники или неосновные излучения других видов, то при определении их расстройки вместо $\left[\frac{f_{OR}}{f_{OT}} \right] \cdot f_{OT}$ берется конкретная частота исследуемого излучения.

Далее производится расчет $FDR1(\Delta f)$ по формуле (3) с учетом (4) и (5). Если $P_{22} \leq P_{нор}$, то расчет прекращается. Если же $P_{22} > P_{нор}$, то расчет продолжается на третьем этапе.

Основное уравнение для расчета помехи на третьем этапе имеет вид

$$P_{23} = P_{22} + G_T + G_R + K_{нл} - G_{OT} - G_{OR} + \sigma_A.$$

Если $P_{23} \geq P_{нор}$, то определяется величина P_{23} :

$$P_{23} = P_{22} - P_2 + A \lg \frac{f_{OR}}{f_{OT}} + B + \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_A^2} - \sigma_A,$$

где A , B и σ_T - параметры математической модели побочных излучений передатчиков [5].

Полученная величина сравнивается с $P_{нор}$. Если $P_{23} > P_{нор}$, то производится расчет $P_{ндон}$ по методике, изложенной выше. Если же $P_{23} \leq P_{нор}$, то производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех. Если $P_{23} > P_{ндон}$, в память ЭВМ вводится величина помехи $P'_{23} - P_{ндон}$, значение которой будет затем напечатано в графе «помехи вида НО» таблицы помех. Также вычисляется вероятность совместной работы РЭС рассматриваемой пары. Если $P_{23} \leq P_{ндон}$, производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех.

Условие существования помехи вида ОН следующее: $0,1f_{OR} < f_{OT} < 10f_{OR}$. Основное уравнение для расчета помехи ОН на первом этапе является частным случаем уравнения 2 и имеет вид (все слагаемые выражены в дБ)

$$P_{31} = P_{OT} + G_{OT} + G_{OR} - \alpha_{фТ} - \alpha_{фR} - L(R) - S_{ПКП},$$

где $S_{ПКП}$ - избирательность приемника по побочным каналам приема.

Значение P_{21} сравнивается с пороговым значением помехи на входе приемника. Если $P_{31} \leq P_{нор}$, то данная пара «приемник - передатчик» из дальнейшего расчета исключается и производится выбор очередной пары для дальнейшего анализа. Если $P_{31} > P_{нор}$, то расчет продолжается на втором этапе.

Основное уравнение для расчета помехи вида ОН на втором этапе такое: $P_{32} = P_{31} - FDR2(\Delta f)$ (где $FDR2(\Delta f)$ - коэффициент, корректирующий величину P_{31} в зависимости от ширины спектра основного излучения передатчика, характеристики избирательности приемника по побочным каналам приема и частотного разнеса между частотой побочного излучения и центральной частотой приема, дБ).

При этом для определения Δf вначале определяется частота гетеродина $f_{Г} = f_{OR} \pm f_{нч}$, $f_{ПЧ}$ - промежуточная частота. Далее вычисляется величина [5]

$$p + \Delta p = \frac{f_{OT} \pm f_{нч}}{f_{Г}}. \text{ Тогда } p = [p + \Delta p]; \Delta p = [p + \Delta p] - p, \text{ при этом } \Delta f = \Delta p \cdot f_{Г}.$$

Затем производится расчет $FDR2(\Delta f)$ по формуле (3) с учетом (4) и (5).

Если $P_{32} \leq P_{нор}$, то расчет прекращается. Если же $P_{32} > P_{нор}$, то расчет продолжается на третьем этапе. При этом рассчитывается величина помехи ОН P_{33} , учитывающая направленные свойства антенн.

$$P_{33} = P_{32} + G_T + G_R + K_{на} - G_{OT} - G_{OR} + \sigma_A.$$

Если $P_{33} \geq P_{ndon}$, то определяется величина

$$P_{33}' = P_{33} + S_{ПКП} + I \lg \frac{f_{OT}}{f_{OR}} + J + \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_A^2} - \sigma_A,$$

где I, J, σ_R – параметры математической модели восприимчивости приемника [5].

Полученная величина сравнивается с $P_{нор}$. Если $P_{33}' > P_{нор}$, то производится расчет P_{ndon} по методике, изложенной выше. Если же $P_{33} \leq P_{нор}$, то производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех. Если $P_{33}' > P_{ndon}$, в память ЭВМ вводится величина помехи $P_{33}' - P_{ndon}$, значение которой будет затем напечатано в графе «Помехи вида ОН» таблицы помех. Также вычисляется вероятность совместной работы РЭС рассматриваемой пары. Если $P_{33}' \leq P_{ndon}$, производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех.

Условие возникновения помехи типа НН такое: $0,1f_{OT} < 10f_{OR}$; $10f_{OT} > 0,1f_{OR}$. Основное уравнение для расчета помехи на первом этапе является частным случаем уравнения 2 и имеет вид

$$P_{41} = P_{OT} + P_2 + G_{OT} + G_{OR} - \alpha_{фТ} - \alpha_{фR} - L(R) - S_{ПКП}.$$

Значение P_{41} сравнивается с допустимым значением помехи на входе приемника. Если $P_{41} \leq P_{нор}$, то данная пара «приемник – передатчик» из дальнейшего расчета исключается и производится выбор очередной пары для дальнейшего анализа. Если $P_{41} > P_{нор}$, то расчет продолжается на втором этапе. При этом $P_{42} = P_{41} - FDR3(\Delta f)$, где $FDR3(\Delta f)$ – коэффициент, корректирующий величину P_{31} в зависимости от ширины спектра неосновного излучения передатчика, характеристики избирательности приемника по побочным каналам приема и частотного разнеса между частотой побочного излучения и частотой побочного канала приема, дБ.

Для определения Δf вначале определяется частота гетеродина $f_{г} = f_{OR} \pm f_{нч}$, далее определяется величина [3]

$$p + \Delta p = \frac{[\frac{f_{OR}}{f_{OT}}] f_{OT} \pm f_{нч}}{f_{г}}.$$

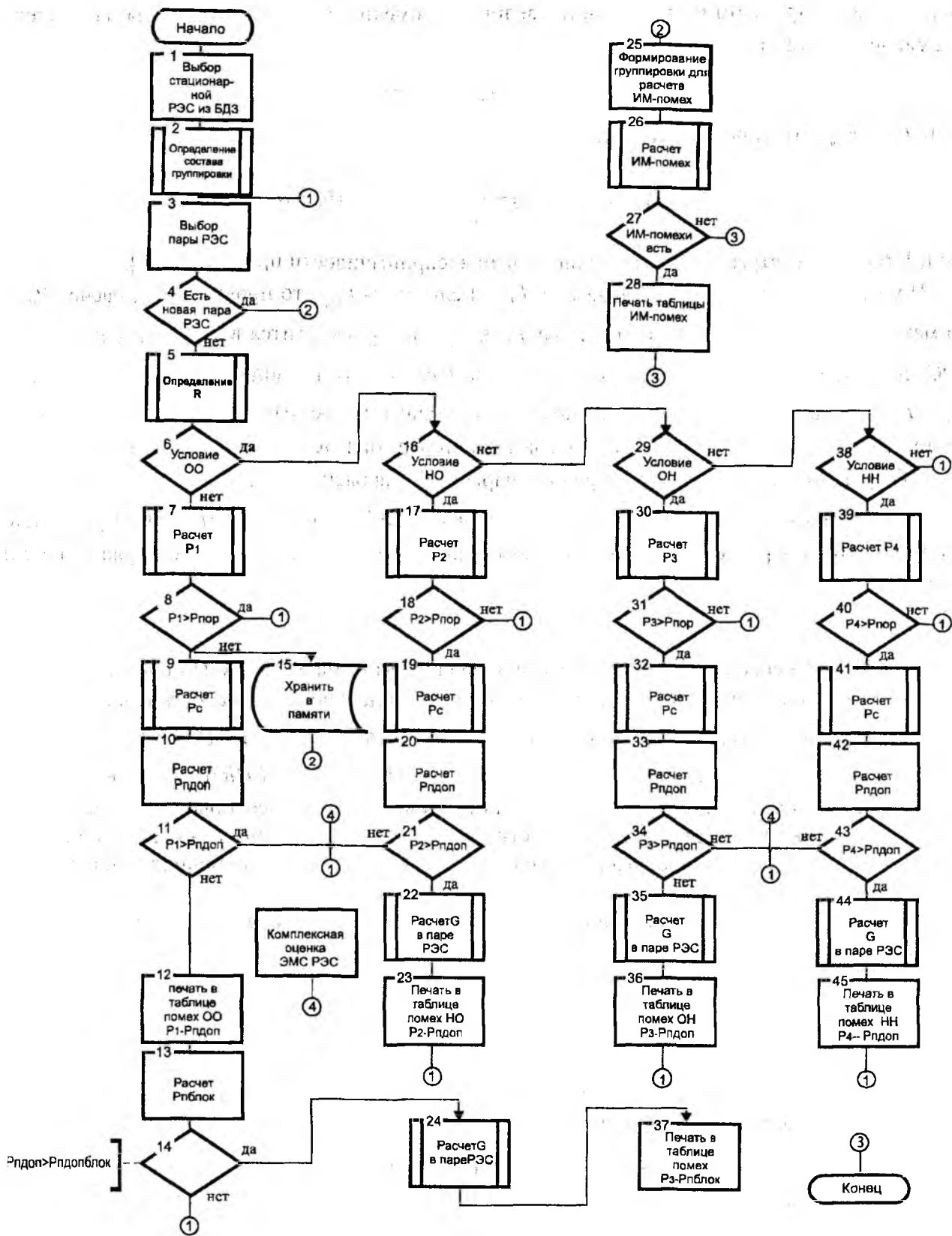
Тогда $p = [p + \Delta p]$; $\Delta p = [p + \Delta p] - p$, при этом $\Delta f = \Delta p \cdot f_{г}$.

Затем производится расчет $FDR3(\Delta f)$ по формуле (3) с учетом (4) и (5). Если $P_{42} \leq P_{нор}$, то расчет прекращается. Если же $P_{42} > P_{нор}$, то расчет продолжается на третьем этапе.

Основное уравнение для расчета помехи НН на этом этапе является частным случаем уравнения 2 и имеет вид:

$$P_{43} = P_{42} + G_T + G_R + K_{на} - G_{OT} - G_{OR} + \sigma_A.$$

Если $P_{43} \geq P_{нор}$, то определяется величина P_{43}' :



$$P'_{43} = P_{43} - P_{\Gamma} + A \lg \frac{f_{OR}}{f_{OT}} + B - S_{ПКП} + I \lg \frac{f_{OT}}{f_{OR}} + J + \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_T^2 + \sigma_R^2} - \sigma_A.$$

Полученная величина сравнивается с $P_{нор}$. Если $P'_{43} > P_{нор}$, то производится расчет P_{ndon} по методике, изложенной выше. Если же $P_{43} \leq P_{нор}$, то производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех.

Если $P'_{43} > P_{ndon}$, в память ЭВМ вводится величина помехи ($P'_{43} - P_{ndon}$), значение которой будет затем напечатано в графе «Помехи вида НН» таблицы помех. Также вычисляется вероятность совместной работы РЭС рассматриваемой пары. Если $P'_{43} \leq P_{ndon}$, производится выбор очередной пары РЭС для расчета помех. Как было отмечено раньше, все мешающие сигналы, выделенные как опасные при помехе вида ОО, оцениваются на возможность создания эффекта блокирования. Также все РЭС, выделенные как потенциально опасные для создания помех вида ОО, исследуют на интермодуляцию. Для этого из всех потенциально опасных РЭС формируются группы «приемник – два передатчика», а затем «приемник – три передатчика». Расчет помехи интермодуляции производится по методике, изложенной в [6].

Заключительным этапом оценки ЭМС РЭС является расчет вероятности их совместной работы. Упрощенный алгоритм расчета ЭМС РЭС в ИСРМ приведен на рисунке.

Поэтапный расчет позволяет заранее исключить из рассмотрения случаи, которые не приводят к возникновению помех работе приемника, и сосредоточить основное внимание на наиболее вероятных конфликтных ситуациях. Этот принцип также позволяет существенно сократить объем вычислений, т.к. на первых двух этапах из дальнейшего рассмотрения, как правило, исключается большая часть пар из общего числа анализируемых.

Контрольные расчеты, проведенные на ЭВМ Pentium III-600 с объемом оперативной памяти 256 Мбайт, операционной системой Windows NT и параметрами винчестера: скорость оборота шпинделя составляет 5400 об/мин, среднее время поиска 8,9 мс; объем cach – 512 кБ, интерфейс Ultra ATN100, – показали, что время расчета 10000 пар приемник-передатчик без учета профиля трассы составляет в среднем 35 с. Время перебора 253 РЭС по комбинациям частот двухсигнальной помехи интермодуляции 3 и 5 порядков составляет 10с40мс. Все расчеты проведены без учета выбора данных из БД.

Список литературы 1 Бобовников В.В. и др. Совершенствование управления использованием РЧС в России // Электросвязь. №6. 2000. С.21-25. 2. Стороженко В.В., Олейник В.Ф. Учет характеристик направленности антенн в задачах электромагнитной совместимости //Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.- техн. сб. 2001. Вып.123. С. 130-138. 3. Стороженко В.В. Алгоритм расчета потерь при распространении радиоволн в диапазонах ОВЧ и УВЧ в интересах ЭМС// Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.- техн. сб. 1999. Вып.111. С. 151-156. 4.ITU-R Recommendation 337-3. Frequency and distance separations. -1992. 5. Виноградов Е.М., Винокуров В.И., Харченко И.П. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. Л.: Судостроение, 1986. 264 с. 6. Стороженко В.В. Анализ уровней интермодуляционных помех, возникающих в приемниках// Труды УНИИРТ. 2001. №2. С. 16-22.

Харьковский национальный
университет радиэлектроники

Поступила в редколлегию 18.01.2002