

## **О точности оценивания параметров радиоэлектронных систем в сложных электромагнитных условиях**

Гаранин С.А.

*МГТУ ГА, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20, тел. (495) 210-8360, garanins@mail.ru*

*Рассматриваются проблемы эксплуатации радиоэлектронного оборудования в условиях влияния на него различного рода дестабилизирующих факторов.*

*Problems of exploitation of electronic equipment in terms of the impact on it various destabilizing factors.*

При использовании даже самого совершенного радиоэлектронного оборудования могут возникать ситуации (и примеров тому в российской и зарубежной практике предостаточно), когда эксплуатируя оборудование строго по показаниям приборов, специалист выводит его далеко за пределы допусков.

Причиной этого является взаимодействие никак не участвующей в работе радиотехнической аппаратуры. При этом все более нарастающая насыщенность свободного пространства радиоволнами различного диапазона, с различными видами модуляции и фазовой манипуляции приводят к постоянному росту вероятности опасного воздействия такого рода непреднамеренных электромагнитных помех (НЭМП) на радиоэлектронное оборудование. Именно наличие НЭМП приводит к тому, что исправно работающие приборы начинают давать неверные показания, поскольку они воспринимают помехи в качестве полезного сигнала, на основании которого должны приниматься управленческие решения.

Проведем анализ электромагнитной обстановки (ЭМО). ЭМО - совокупность электромагнитных помех (ЭП) от любых источников, влияющих на функционирование радиоэлектронных систем (РЭС) совместно с полезным сигналом или без него через антенну или/и помимо нее. В современных условиях на сравнительно небольшой площади может быть расположено значительное число непрерывно работающих радиоэлектронных систем (РЭС), которые могут создавать непреднамеренные электромагнитные помехи (НЭМП) друг другу.

При анализе ЭМО чаще всего применяют поэтапный частотно-энергетический метод расчета электромагнитной совместимости (ЭМС). Первым этапом этого метода является частотная оценка помех (ЧОП). При этом анализируются зависимости между частотами основных и побочных излучений передатчиков и основных и побочных каналов приемников. Исследуются не только пары передатчик-приемник в отдельности, но и групповое воздействие передатчиков на приемники, т.к. из-за этого могут возникать интермодуляционные помехи.

Второй этап - приближенная энергетическая оценка помех (ЭОП). На этом этапе определяются энергетические соотношения, характеризующие пары передатчик-приемник и влияние группы передатчиков на приемник при всех сочетаниях частот, выявленных при ЧОП.

Третий этап - детальная оценка помех. Производится анализ влияния конкретных помех на работу приемника. Определяется функция распределения вероятности ошибки на выходе приемника при наличии помехи.

На четвертом этапе - комплексной оценке помех (КОП) расчеты корректируются для тех случаев, когда выявляется несовместимость отдельных РЭС при каких-либо частотно-энергетических сочетаниях.

Очевидно, что для того, чтобы определить ЭМО, т.е. выявить источники ЭМП, которые оказывают или могут оказывать нежелательное воздействие на РЭС, необходимо провести, как минимум, первые два этапа оценки помех. В противном случае мы будем иметь слишком большую совокупность ЭМП. При этом целесообразно объединить эти два этапа и провести частотно-энергетическую оценку помех (ЧЭОП).

Помехи могут воздействовать на РЭС по основному, комбинационным или интермодуляционным каналам.

Помехи по основному каналу возникают от аналогичных средств или в результате побочных, внеполосных излучений и излучений на субгармониках систем, работающих в других диапазонах. Побочные излучения это неосновные излучения за исключением внеполосных. К ним относятся излучения на гармониках, паразитные излучения, комбинационные излучения, интермодуляционные излучения.

Излучения на гармониках - побочные излучения на частотах, являющихся целыми кратными частот, содержащихся в полосе частот, занимаемой излучением.

Паразитные излучения - побочные излучения на частотах, не зависящих от несущей или характерной частот излучения и от частот, получающихся в процессе образования колебаний несущей или характерной частот.

Комбинационные излучения - побочные излучения, возникающие в результате взаимодействия любых из следующих колебаний: несущей частоты, частот, формирующих несущую, характерных частот для данного передатчика и гармоник выше перечисленных колебаний.

Интермодуляционные излучения - побочные излучения, возникающие в радиопередатчике в результате воздействия на него других передатчиков вследствие нежелательных электромагнитных связей.

В процессе работы над данным вопросом была разработана математическая модель, учитывающая изменения параметров радиоэлектронного оборудования, обусловленные влиянием на него дестабилизирующих факторов, и воздействие на РЭО помех. Для разработанной модели обоснована возможность разделения процессов оценивания и управления. Сформулирована и решена в линейном приближении задача оценивания параметров системы при воздействии на РЭО помех.

На основании результатов, полученных в ходе работы, можно сделать следующие выводы:

В общем случае модель системы управления, учитывающая изменения параметров РЭО, обусловленные влиянием на него дестабилизирующих факторов, и воздействие на РЭО помех и включающая в себя уравнение состояния объекта наблюдения и уравнение измерений, является нелинейной.

В настоящее время не существует строгих методов решения задачи определения ошибок оценивания вектора состояния системы на основе такой модели, что вызывает необходимость ее линеаризации, обоснованность которой возрастает с повышением точности системы.

Процессы оценивания параметров и управления состоянием системы в общем случае являются взаимосвязанными, в результате чего строгий анализ системы представляет значительные трудности, преодоление которых возможно на основе принципа делимости оценивания и управления, обоснованность применимости которого для реализованной модели системы при квадратичной функции потерь вытекает из теории оптимальной линейной фильтрации.

Получение в рамках теории оптимальной линейной фильтрации в явном виде ковариационной матрицы ошибок оценивания и смещения оценки вектора состояния объекта наблюдения, вызванного уходами параметров РЭО, возможно с

использованием метода малого параметра, позволяющего упростить полученные алгоритмы расчета ошибок оценивания. Применение этого метода возможно при относительно малой интенсивности шумов, что при высоких требованиях и точности оценивания является обоснованным допущением.

При практическом использовании разработанного алгоритма расчета вероятности нахождения системы в границах допусков по данным об ошибках оценивания параметров системы целесообразно представление области этих ошибок в виде двух подобластей, а именно: подобласти ошибок, обусловленных уходами параметров РЭО под действием дестабилизирующих факторов и подобласти ошибки, обусловленных действием помех, что позволяет осуществлять адаптивное управление границами этих подобластей в зависимости от конкретных условий эксплуатации и технико-экономической целесообразности, а также управление эксплуатационными допусками на изменение параметров различных изделий РЭО, обеспечивающего данный режим функционирования системы.

Проведенный анализ точности оценивания параметров системы на примере оптимальной фильтрации дальности радиодальномерной системой, относящейся к наиболее высокоточным средствам, позволяет сделать следующие заключение:

- отклонение параметров радиодальномерной системы и оптимального устройства оценки дальности от номинальных значений под воздействием дестабилизирующих факторов приводит к расходящемуся алгоритму оценивания;

- смещение оценки дальности пропорционально отклонению параметров от номинальных значений, а дисперсия оценки дальности увеличивается пропорционально времени наблюдения, причем, при номинальных значениях параметров дисперсия оценки с увеличением времени стремится к стационарному значению;

- заданная точность оценивания параметров системы в условиях интенсивных помех может быть получена за счет сужения допусковой области на изменение параметров радиодальномерной системы и устройства оценки дальности;

- обеспечение заданных показателей системы при расходящемся алгоритме оценивания дальности может быть достигнуто за счет периодической корректировки результатов измерения, а также путем оценивания систематической ошибки измерения и последующей ее компенсации.

Разработанная методика учета влияния на точностные характеристики РЭО отклонений его параметров от номинальных значений, обусловленных действием дестабилизирующих факторов позволяет определять необходимую периодичность ввода поправок в дифференциальных подсистемах многопозиционных радиоэлектронных систем.