

ПОЧЕМУ ОТ МАЛЕНЬКОГО ДАТЧИКА ПОЛЯ ЗАВИСИТ СУЩЕСТВОВАНИЕ ВСЕГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА?

Текст: Дмитрий Кондрашов
Алексей Шостак
Патрик Дейкстра

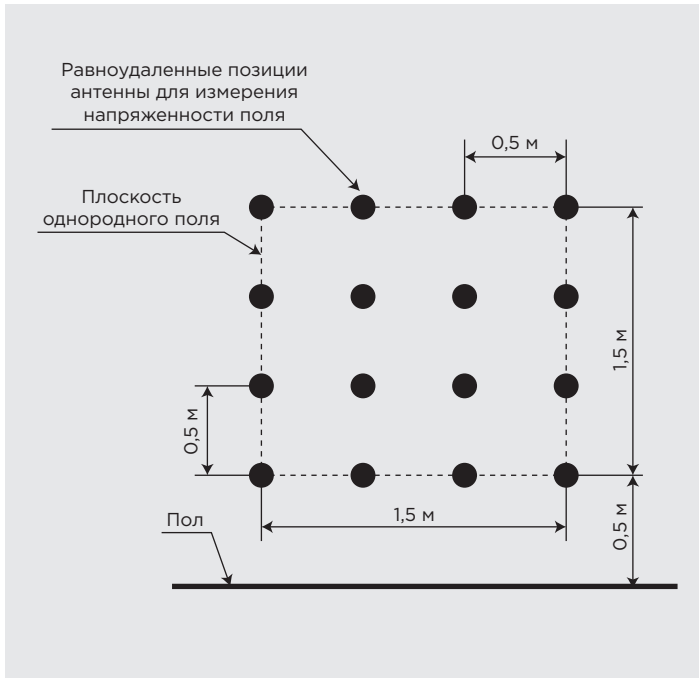
В статье «Как обеспечить точность измерений напряженности поля»¹ мы рассматривали основные характеристики датчиков поля различных производителей, влияющие на общую погрешность измерения однородного поля испытательной системы и безэховой камеры (далее БЭК), а также детальный подход к измерению электрического поля в БЭК. Напомним эти характеристики:

- высокое значение изотропности;
- низкий уровень симметрии относительно антенных элементов каждой оси X, Y и Z;

- нормирование производителями изотропности на 10, 100 и 1000 МГц, но не выше;
- размер датчиков поля;
- форма датчика поля;
- отсутствие возможности коррекции датчика поля;
- отсутствие нормирования общей абсолютной погрешности датчиков поля.

Мы не случайно упомянули в первую очередь понятие изотропности датчика поля и его величину, так как именно проблема влияния высокого значения изотропности на результаты измерений напряженности электрического поля в БЭК является

¹ «Вектор высоких технологий» № 3 (38) 2018



1

Однородное поле по ГОСТ IEC 61000-4-3-2016

ся одной из важнейших при проведении испытаний по современным стандартам.

Как известно, изотропность (применительно к рассматриваемой тематике) – это способность датчиков иметь одинаковые радиофизические свойства во всех направлениях и точно измерять напряженность электромагнитного поля независимо от собственной ориентации в пространстве этого поля. Наиболее наглядно необходимость в изучении изотропности можно рас-

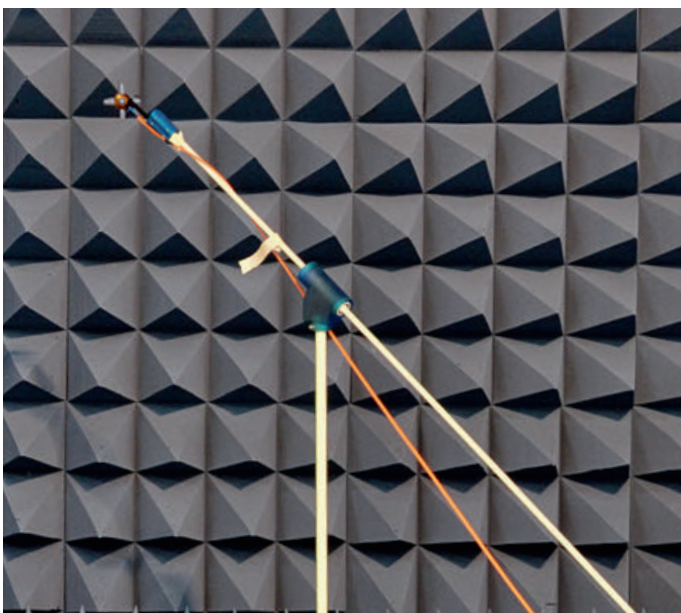
смотреть на примере международного стандарта ГОСТ IEC 61000-4-3-2016, который является одним из основных для испытательных лабораторий, и при проведении испытаний по которому используются датчики напряженности.

Рассмотрим в общем виде на примере этого ГОСТа калибровку однородного поля (гипотетической вертикальной плоскости калиброванного поля, в котором изменения допустимо малы (рис 1)) с использованием изотропного датчика поля:

- Проводится путем измерения напряженности в плоскости однородного поля – показатель соответствия БЭК требуемому стандарту.
- Определяет вклад переотражений БЭК в измеренные значения.
- Проводится с помощью датчиков напряженности электрического поля, размещённых в определенных точках.
- По стандарту в 12 из 16 измерительных точках, входящих в плоскость однородного поля, изменения значения напряженности должно оставаться в пределах от 0 до ± 6 . Ошибка 6 дБ означает, что отраженный сигнал имеет амплитуду, как у падающей волны.
- Если датчик обладает нестабильным показателем изотропности, однородное поле будет неверно откалибровано.

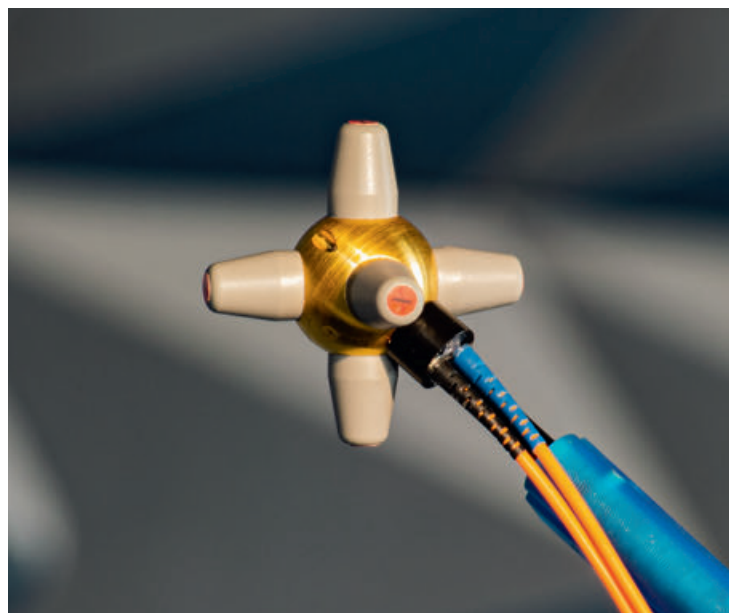
Специалистами голландской компании DARE!! Instruments были рассмотрены два метода измерения с целью определения влияния изотропной нестабильности датчиков напряженности на результаты измерений:

- симметрия относительно оси вращения;
- вращение в горизонтальной плоскости.



2

Положение датчика напряженности поля при измерении методом симметрии относительно оси вращения





3

Установка при измерении методом симметрии относительно оси вращения



4

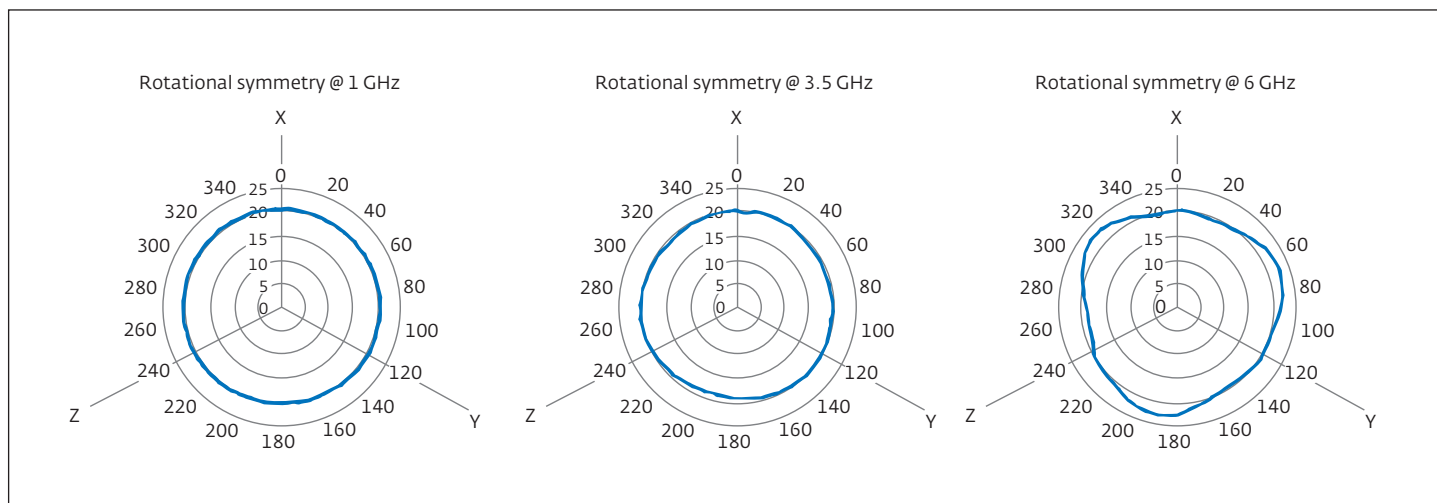
Взаимное расположение измерительных осей датчика RSS2010IR

Данные методы рассматривались в безэховой камере с использованием собственного оборудования – генератора электромагнитного поля RadiField RFS2006BR, датчика напряженности RadiSense RSS2010IR.

Симметрия относительно оси вращения

При таком методе происходит осевое вращение датчика под углом 54,7 градусов относительно горизонтальной поверхности (рис 2, 3), в результате чего три оси датчика (X, Y и Z) рис 4 будут появляться перпендикулярно полю один за другим. В таком положении монополи будут повернуты вверх при вращении на каждые 120 градусов, что удобно при отображении измеренных значений в полярных координатах. Результаты измерений показаны на рис 5

Можно наблюдать, как сферическая диаграмма направленности (которая должна быть в идеаль-



5

Диаграммы направленности датчика напряженности при измерении методом симметрии относительно оси вращения



6 Положение датчика напряженности поля при измерении методом вращения в горизонтальной плоскости

ном случае) с увеличением частоты искажается (в данном случае погрешность составляет 2–3 дБ), изменяя свою форму.

Вращение в горизонтальной плоскости

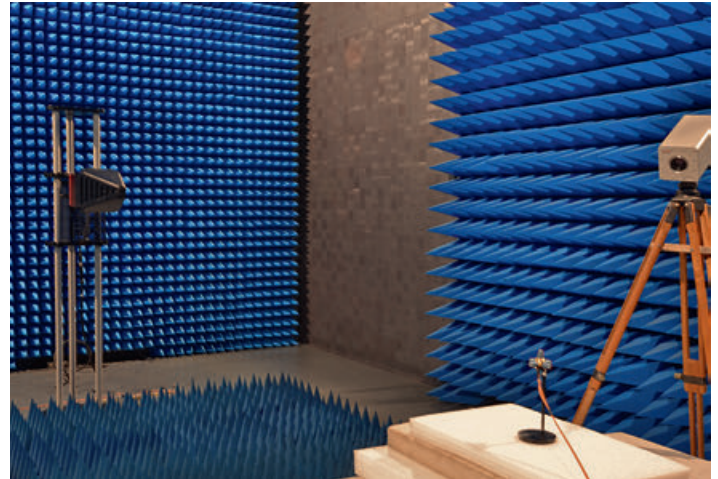
При таком методе происходит измерение электромагнитного поля с известным типом поляризации (в данном случае горизонтальной) и датчик расположен перпендикулярно горизонтальной плоскости. Измерение проводится только по двум осям, которые находятся в плоскости излучаемого электромагнитного поля (рис 6). Третья ось перпендикулярна излучаемому полю и ничего не измеряет.

Состав испытательной установки (рис 7):

- Датчик напряженности электрического поля: RadiSense® RSS2010IR.
- Датчик поля: ось X, ось Y, ось Z + доп. монополи, сонаправленные по осям X, Y, Z.
- Положение датчика напряженности:
 - › ось Y направлена вверх;
 - › ось X направлена к генератору поля при положении 0 градусов поворотной платформы, на которой расположен стол с датчиком;
 - › оси X и Z находятся в плоскости поляризованного поля.
- Источник поля: генератор электромагнитного поля RadiField® RFS2006BR.
- Измерительное расстояние: 3 метра.
- Основание: платформа из пенополистирола (с опорной подставкой для датчика).

Результаты измерений представлены на рис 8.

Как и в предыдущем методе, с увеличением частоты диаграммы направленности монополей искажаются (значения изотропной ошибки достигают $\pm 2,5$ дБ). Заметно, что монополи датчиков разные виды поляризации излучающей антенны



7 Установка при измерении методом вращения в горизонтальной плоскости

воспринимают по-разному. Это обусловлено различной формой переотражений электромагнитных волн в БЭК. Чем точнее рассчитаны распределения ЭМ-поля и углы отражений в БЭК, тем лучшее значение ошибки в результате.

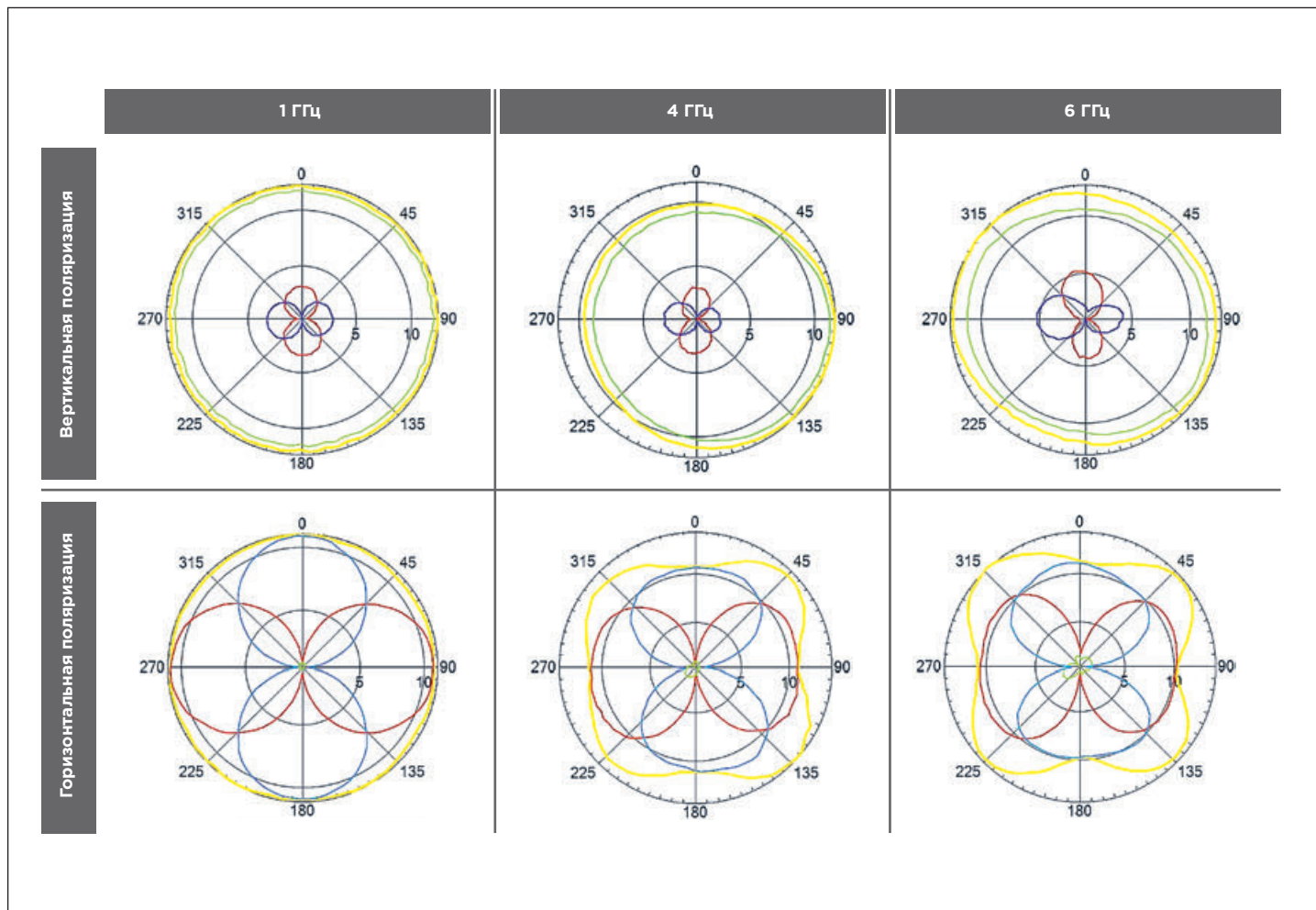
Также рассмотрим проблему влияния тестовых столов на результаты измерений, а точнее – влияние материалов изготовления столов на переотражения электромагнитных волн в БЭК. Проведем сравнение двух столов: из пенополистирола и из полиэстера (полиэфирная синтетическая пластмасса) (рис 9).

На данных столах были проведены измерения диаграммы направленности датчиков напряженности, полученные при измерениях методом вращения в горизонтальной плоскости. Результаты измерений отражены на рис 10.

Наблюдаем, что два непроводящих материала на практике по-разному препятствуют прохождению радиоволн. Это обусловлено различными значениями диэлектрической проницаемости данных материалов (полиэстер $\epsilon = 3.1$, пенополистирол $\epsilon = 1.03$). Ввиду того, что испытуемые изделия могут достигать веса в сотни килограмм, это накладывает требования на предельные нагрузки на тестовые столы (а, следовательно, и на материал изготовления), и производителям приходится находить компромисс между радиопрозрачностью стола и его нагрузочной способностью.

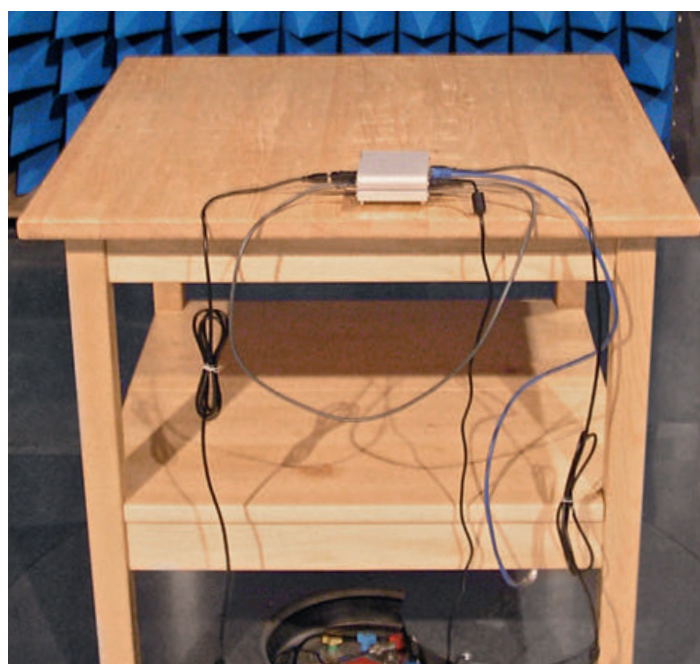
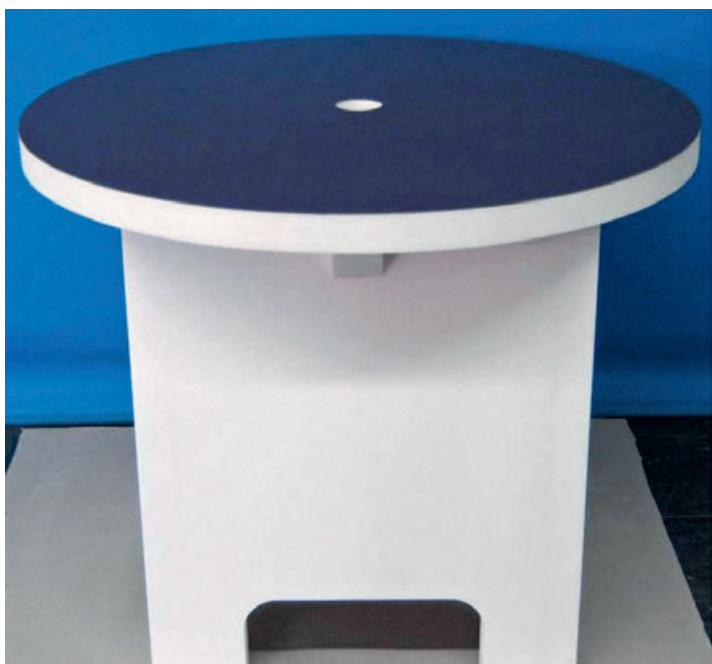
По итогам проведенных специалистами компании DARE!! Instruments измерений можно сделать следующие выводы:

- Погрешность в измерениях напряженности поля во многом обусловлена высоким значением изотропности датчиков напряженности, которая вносит вклад до 3 дБ в общую погрешность измерений напряженности электрического поля.



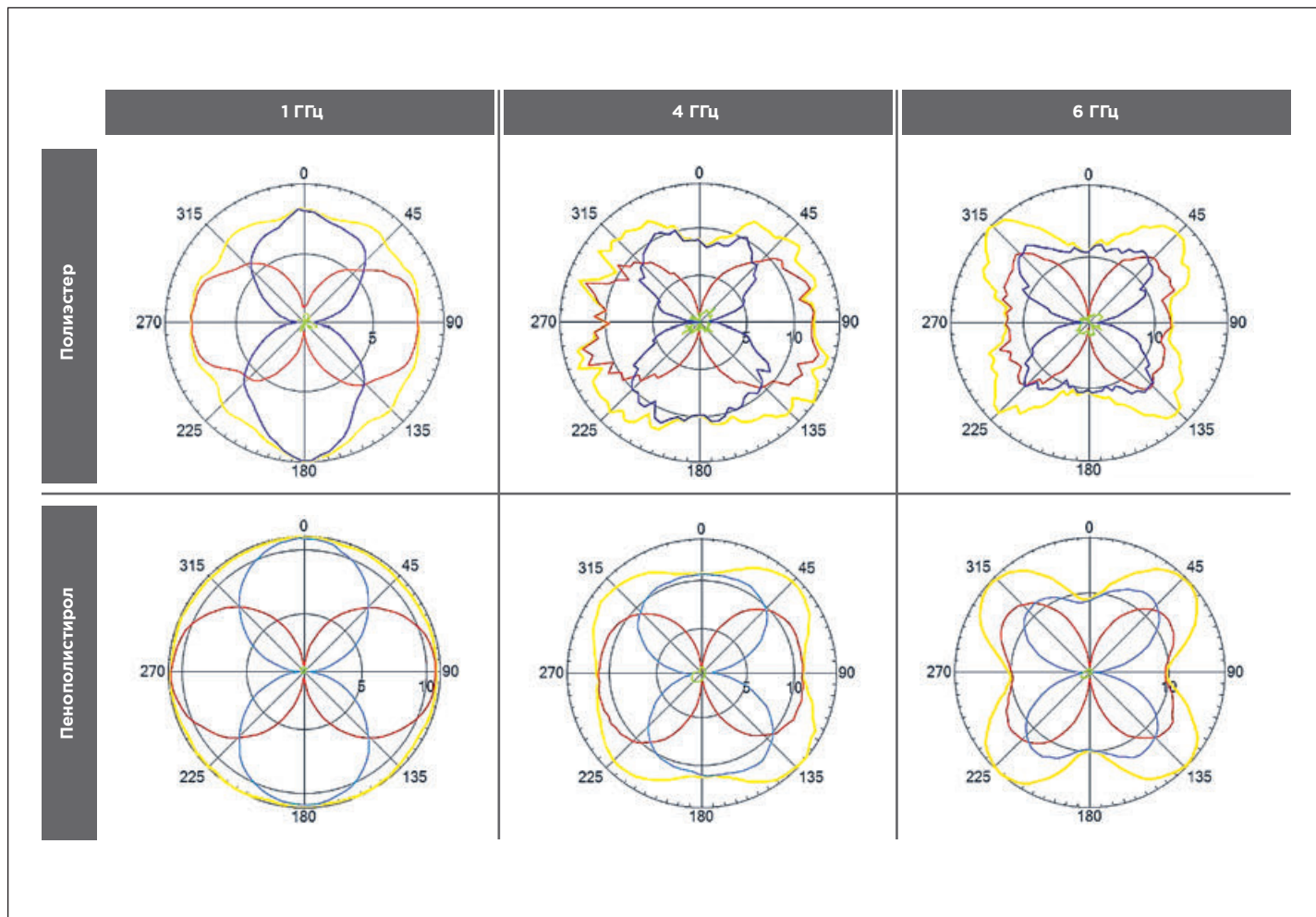
8

Результаты измерений методом вращения в горизонтальной плоскости. Красный – поле по оси X. Зеленый – поле по оси Y. Синий – поле по оси Z. Желтый – суммарное поле



9

Испытательные столы: из полиэстра (справа), из пенополистирола (слева)



10

Результаты измерений методом вращения в горизонтальной плоскости. Красный – поле по оси X. Зеленый – поле по оси Y. Синий – поле по оси Z. Желтый – суммарное поле

- Изотропная нестабильность увеличивается при увеличении частоты, о чем мы уже упоминали в предыдущих материалах. Поэтому изотропность датчиков поля необходимо нормировать во всем рабочем частотном диапазоне.
- При проведении аттестации однородности поля БЭК датчиками, обладающими высоким значением изотропности, возможен отрицательный итог (и притом необоснованный) из-за якобы превышения погрешностей, указанных в ГОСТ IEC 61000-4-3-2016, что повлечет за собой высокие затраты на конструктивную доработку БЭК.
- Материал стола, находящегося в БЭК, крайне важен, т.к. существенно влияет на переотражения электромагнитных волн в измерительном объеме БЭК, что, в свою очередь, отражается на конечном результате измерений датчиком поля.

Результаты данных исследований показывают, что изотропность датчика поля напрямую связана

с качеством калибровки БЭК и всего измерительного комплекса в целом. Так как у многих лабораторий существуют ограничения габаритных размеров и нарушения геометрии БЭК, данный аспект крайне важен. Ведь очень часто в БЭК небольшого размера, в которой и так с большим трудом можно проводить полноценные испытания, дополнительно устанавливают стойку с аппаратурой, чтобы сэкономить на усилителях мощности при совместном использовании с датчиком поля. В итоге, средства, которые удалось сохранить на сокращении размеров БЭК и стоимости аппаратуры, трансформируются в огромное количество дополнительных переотражений и недостоверные результаты, а если учесть и все перечисленные проблемы, связанные с датчиком поля, то существует риск просто не аттестовать как измерительный комплекс, так и БЭК. Именно поэтому успешное построение испытательной лаборатории невозможно без правильного подхода: внимания к деталям и учета всех необходимых требований, которые могут повлиять на качество тестируемого или выпускаемого устройства. ▣