

УДК 621.396.6:621.391.827

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ УСИЛЕНИЯ АНТЕНН ПЕРЕДАТЧИКА И ПРИЕМНИКА ПОМЕХИ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

О.И. КОРОЛЬКОВА, В.М. КОЗЕЛ, К.Л. ГОРБАЧЕВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П.Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 2 октября 2012

Изложена методика расчета коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи по основной и кроссполяризации, а также суммарного коэффициента усиления антенн в зависимости от значения истинного разностного угла.

Ключевые слова: ослабление антенны, коэффициент усиления антенны, истинный разностный угол, основная поляризация, кроссполяризация.

Введение

В связи со стремительным ростом количества телекоммуникационных систем в настоящее время наблюдается дефицит частотного ресурса. Поэтому некоторые системы используют для работы совмещенный диапазон частот, следовательно задача обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (ЭМС РЭС) является весьма актуальной. Расчет коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи является составной частью расчетов, необходимых для определения условий беспомеховой работы телекоммуникационных систем, работающих в совмещенной полосе.

Методика расчета коэффициента усиления антенны в направлении на приемник помехи для основной поляризации

Методика расчета коэффициента усиления антенны в направлении неосновного излучения [1] использует не коэффициент усиления антенны, а ослабление антенны по отношению к максимуму излучения A дБ. Кроме этого, разность азимутов ориентации антенны $\Delta\alpha$ в направлении неосновного излучения в расчете принимает значения $0\pm 180^\circ$, а разность между углами места ориентации антенны и направления неосновного излучения $\Delta\gamma$, принимает значения $0\pm 90^\circ$.

Ослабление антенны в направлении неосновного излучения по отношению к максимуму излучения начинается с определения по диаграммам направленности антенны ослабления относительно максимального излучения в направлении неосновного излучения в горизонтальной $A_{HOR}(\Delta)$ и вертикальной $A_{VER}(\Delta)$ плоскостях по результирующему углу Δ , где Δ – истинный разностный угол [2]. Если диаграммы направленности антенны (ДНА) несимметричны относительно направления основного излучения, то учитывается знак Δ [3].

Ослабление антенны в направлении неосновного излучения по отношению к максимуму излучения $A_{RESULTING}$:

$$A_{RESULTING} = A_{HOR} = A_{VER}, \text{ если } A_{HOR} = A_{VER},$$

$$A_{RESULTING} = A_{VER} + (A_{HOR} - A_{VER}) \times \frac{|\Delta\alpha|}{|\Delta\alpha| + |\Delta\gamma|}, \text{ если } A_{HOR} > A_{VER},$$

$$A_{RESULTING} = A_{HOR} + (A_{VER} - A_{HOR}) \times \frac{|\Delta\gamma|}{|\Delta\alpha| + |\Delta\gamma|}, \text{ если } A_{HOR} < A_{VER}.$$

Если предпочтительно пользоваться не ослаблением антенны относительно максимума излучения, а реальным коэффициентом усиления, то необходимо перейти к коэффициентам усиления:

$$A_{HOR} = G_{HOR_0} - G_{HOR} = G_0 - G_{HOR},$$

$$A_{VER} = G_{VER_0} - G_{VER} = G_0 - G_{VER},$$

$$A_{RESULTING} = G_0 - G_{RESULTING},$$

$$G_0 = G_{HOR_0} = G_{VER_0} - \text{максимальный коэффициент усиления антенны.}$$

Тогда при подстановке новых величин реальный коэффициент усиления антенны: $A_{RESULTING} = A_{HOR} = A_{VER}$, тогда $G_0 - G_{RESULTING} = G_0 - G_{VER} = G_0 - G_{HOR}$, следовательно, $G_{RESULTING} = G_{VER} = G_{HOR}$, если $A_{HOR} = A_{VER}$, то $G_0 - G_{VER} = G_0 - G_{HOR}$, исходя из того, что

$$G_{VER} = G_{HOR}, A_{RESULTING} = A_{VER} + (A_{HOR} - A_{VER}) \times \frac{|\Delta\alpha|}{|\Delta\alpha| + |\Delta\gamma|}.$$

Теперь, переходя к коэффициентам усиления, получаем:

$$G_0 - G_{RESULTING} = G_0 - G_{HOR} + (G_0 - G_{VER} - G_0 + G_{HOR}) \times \frac{|\Delta\alpha|}{|\Delta\alpha| + |\Delta\gamma|},$$

$$G_{RESULTING} = G_{HOR} + (G_{VER} - G_{HOR}) \times \frac{|\Delta\alpha|}{|\Delta\alpha| + |\Delta\gamma|}, \text{ если } A_{HOR} > A_{VER},$$

тогда $G_0 - G_{HOR} > G_0 - G_{VER}$ и соответственно $G_{HOR} < G_{VER}$.

$$A_{RESULTING} = A_{HOR} + (A_{VER} - A_{HOR}) \times \frac{|\Delta\gamma|}{|\Delta\gamma| + |\Delta\alpha|}.$$

Тогда при переходе к коэффициентам усиления:

$$G_0 - G_{RESULTING} = G_0 - G_{HOR} + (G_0 - G_{VER} - G_0 + G_{HOR}) \times \frac{|\Delta\gamma|}{|\Delta\gamma| + |\Delta\alpha|},$$

$$G_{RESULTING} = G_{HOR} + (G_{VER} - G_{HOR}) \times \frac{|\Delta\gamma|}{|\Delta\gamma| + |\Delta\alpha|}, \text{ если } A_{HOR} < A_{VER}, \text{ тогда } G_0 - G_{HOR} < G_0 - G_{VER} \text{ и}$$

$$G_{HOR} > G_{VER}.$$

По вышеуказанной методике рассчитываются частные коэффициенты усиления антенны передатчика помехи для основной поляризации в горизонтальной $G_{TX_HOR_CP}$ (по ДНА в горизонтальной плоскости) и вертикальной $G_{TX_VER_CP}$ (по ДНА в вертикальной плоскости) плоскостях для истинного разностного угла Δ : $G_{TX_HOR_CP} = G_{TX_HOR_CP}(\Delta)$ – по ДНА в горизонтальной плоскости для основной поляризации; $G_{TX_VER_CP} = G_{TX_VER_CP}(\Delta)$ – по ДНА в вертикальной плоскости для основной поляризации.

Рассчитывается коэффициент усиления антенны передатчика помехи для основной поляризации в направлении на приемник помехи G_{TX_CP} по методике [1]:

$G_{TX_CP} = G_{TX_HOR_CP} = G_{TX_VER_CP}$, если выполняется условие $G_{TX_HOR_CP} = G_{TX_VER_CP}$, т.е. антенна осесимметричная (ДНА в вертикальной и горизонтальной плоскостях совпадают);

$G_{TX_CP} = G_{TX_VER_CP} + (G_{TX_HOR_CP} - G_{TX_VER_CP}) \times \frac{\Delta\alpha_{TX}}{\Delta\alpha_{TX} + |\Delta\gamma_{tx}|}$, где $\Delta\alpha_{TX} = \Delta\alpha_{TX}$ если $\Delta\alpha_{TX} = 0 \div 180^\circ$; $\Delta\alpha_{TX} = 360^\circ - \Delta\alpha_{TX}$, если $\Delta\alpha_{TX} = 180 \div 360^\circ$, если выполняется условие $G_{TX_HOR_CP} < G_{TX_VER_CP}$, т.е. антенна неосесимметричная (ДНА в вертикальной и горизонтальной плоскостях не совпадают);

$G_{TX_CP} = G_{TX_HOR_CP} + (G_{TX_VER_CP} - G_{TX_HOR_CP}) \times \frac{|\Delta\gamma_{TX}|}{\Delta\alpha_{TX} + |\Delta\gamma_{TX}|}$, где $\Delta\alpha_{TX} = \Delta\alpha_{TX}$, если $\Delta\alpha_{TX} = 0 \div 180^\circ$; $\Delta\alpha_{TX} = (360^\circ - \Delta\alpha_{TX})$, если $\Delta\alpha_{TX} = 180 \div 360^\circ$, если выполняется условие $G_{TX_HOR_CP} > G_{TX_VER_CP}$, т.е. антенна неосесимметричная (ДНА в вертикальной и горизонтальной плоскостях не совпадают).

Аналогичным образом рассчитывается коэффициент усиления антенны для кроссполяризации.

Методика расчета суммарного коэффициента усиления антенн передатчика и приемника помехи с учетом пространственной и поляризационной избирательности

Методика расчета суммарного коэффициента усиления антенн передатчика и приемника помехи [1] использует не коэффициенты усиления антенн, а ослабление антенн по отношению к максимуму излучения A_{TX} и A_{RX} дБ.

Суммарное ослабление антенн передатчика и приемника помехи по отношению к максимумам их излучения рассчитывается следующим образом [4]:

$A_\Sigma = A_1 - 10 \cdot \lg \left(1 + 10^{\frac{A_1 - A_2}{10}} \right)$, где A_1 – сумма ослаблений антенн передатчика и приемника

помехи для поляризации, основной для приемника помехи, дБ; A_2 – сумма ослаблений антенн передатчика и приемника помехи для поляризации, ортогональной (кроссполяризации) для приемника помехи, дБ. Приведенная формула рассматривается только для линейной V и H поляризации передатчика и приемника помехи.

Мощность сигналов, принимаемых антенной по основной и кроссполяризации (V и H) равна $P_{RX_ \Sigma} = \frac{P_{TX} \cdot G}{L \cdot a_\Sigma} = \frac{P_{TX} \cdot G}{L \cdot a_H} + \frac{P_{TX} \cdot G}{L \cdot a_V}$, где P_{TX} – мощность сигнала на входе антенны

передатчика, Вт; L – потери при распространении радиоволн, $L \geq 1$, раз; G – произведение коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи в направлении максимума излучения, раз; a_H – произведение ослаблений относительно максимума излучения антенн передатчика и приемника помехи для поляризации H , $a_H \geq 1$, раз; a_V – произведение ослаблений относительно максимума излучения антенн передатчика и приемника помехи для поляризации V , $a_V \geq 1$, раз; a_Σ – суммарное ослабление относительно максимума излучения антенн передатчика и приемника помехи, $a_\Sigma \geq 1$, раз.

Отсюда суммарное ослабление антенн передатчика и приемника:

$$\frac{1}{a_\Sigma} = \frac{1}{a_V} + \frac{1}{a_H} , \quad a_\Sigma = \frac{a_H \cdot a_V}{a_H + a_V} ,$$

$$A_\Sigma = 10 \cdot \lg(a_\Sigma) = 10 \cdot \lg \left(\frac{a_H \cdot a_V}{a_H + a_V} \right) = 10 \cdot \lg(a_H) - 10 \cdot \lg \left(1 + \frac{a_H}{a_V} \right) =$$

$$A_H - 10 \cdot \lg \left(\frac{1 + 10^{\frac{A_H}{10}}}{10^{\frac{A_H}{10}}} \right) = A_H - 10 \cdot \lg \left(1 + 10^{\frac{A_H - A_V}{10}} \right) ,$$

где A_H – сумма ослаблений относительно максимума излучения антенн передатчика и приемника помехи для поляризации H , $-\infty \leq A_H \leq +\infty$, дБи/дБд; A_V – сумма ослаблений

относительно максимума излучения антенн передатчика и приемника помехи для поляризации V , $-\infty \leq A_V \leq +\infty$, дБи/дБд; A_Σ – суммарное ослабление относительно максимума излучения антенн передатчика и приемника помехи, $-\infty \leq A_\Sigma \leq +\infty$, дБи/дБд.

Если предпочтительно пользоваться не суммарным ослаблением антенн относительно максимума излучения, а суммарным коэффициентом усиления, то необходимо перейти к коэффициентам усиления $A_H = G_0 - G_H$, $A_V = G_0 - G_V$, $A_\Sigma = G_0 - G_\Sigma$, где G_0 – сумма коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи в направлении максимума излучения, дБи/дБд; G_H – сумма коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи в направлении друг на друга для поляризации H , дБи/дБд; G_V – сумма коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи в направлении друг на друга для поляризации V , дБи/дБд.

Тогда при подстановке новых величин реальный суммарный коэффициент усиления антенн:

$$G_0 - G_\Sigma = G_0 - G_H - 10 \cdot \lg \left(1 + 10^{\frac{G_0 - G_H - G_0 + G_V}{10}} \right),$$

$$-G_\Sigma = -G_H - 10 \cdot \lg \left(1 + 10^{\frac{-G_H + G_V}{10}} \right),$$

$$G_\Sigma = G_H + 10 \cdot \lg \left(1 + 10^{\frac{G_V - G_H}{10}} \right).$$

Заключение

В работе изложена методика расчета коэффициентов усиления антенн передатчика и приемника помехи по основной и кроссполяризации в зависимости от истинного разностного угла, а также суммарный коэффициент усиления.

CALCULATION METHODS OF GAIN FACTORS OF TRANSMITTER AND NOISE RECEIVER ANTENNAS IN ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

O.I. KOROLKOVA, V.M. KOZEL, K.L. GORBACHEV

Abstract

The calculation methods of the gain factors of the transmitter and the interfering receiver antennas on the main and cross polarization depending on the true incremental angle and also of the summary antennas gain factor are explained.

Список литературы

1. Agreement on the co-ordination of frequencies between 29.7 MHz and 39.5 GHz for the fixed service and the land mobile service. Berlin, 14 September 2001
2. Королькова О.И., Козел В.М., Горбачев К.Л. // Докл. БГУИР. 2013. № 2. С. 69–73.
3. Чернышов В.П., Шейнман Д.И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства. М., 1973.
4. Уильям К.Ли. Техника подвижных систем связи. М., 1985.