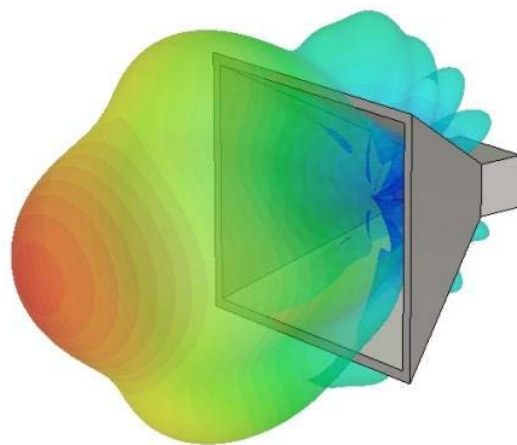
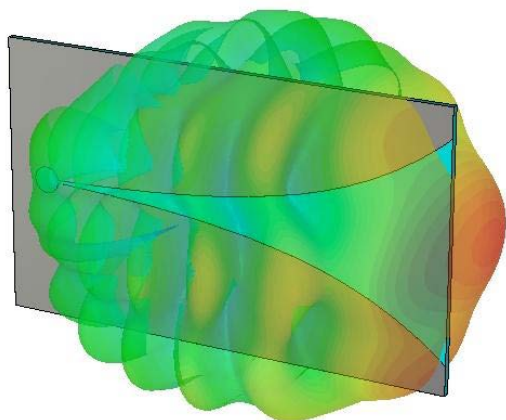


Моделирование антенн

Советы при моделировании с использованием CST STUDIO SUITE



- Примеры антенн
- Настройки моделирования
- Постобработка
- Основная/Поперечная поляризации
- Фазовый центр
- Ludwig 3
- Антенная решетка
- Советы и рекомендации

Примеры антенн

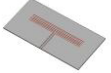
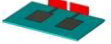
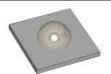
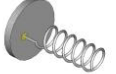
Готовые модели для моделирования антенн доступны:

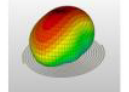
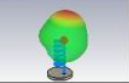
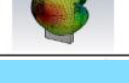
 CST STUDIO SUITE™
Examples Overview

Online Help |
Examples & Tutorials

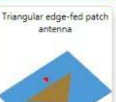
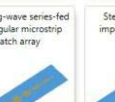
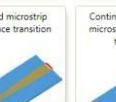
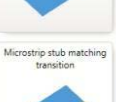
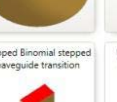
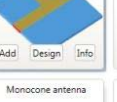
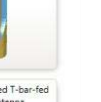
CST MWS Examples | Transient
Analysis Examples | Antennas
| Overview

CST MWS Examples |
Integral Solver
Examples | Antennas |
Overview

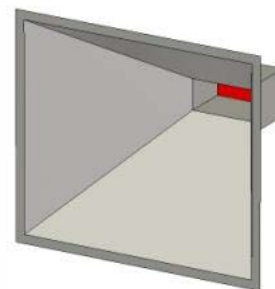
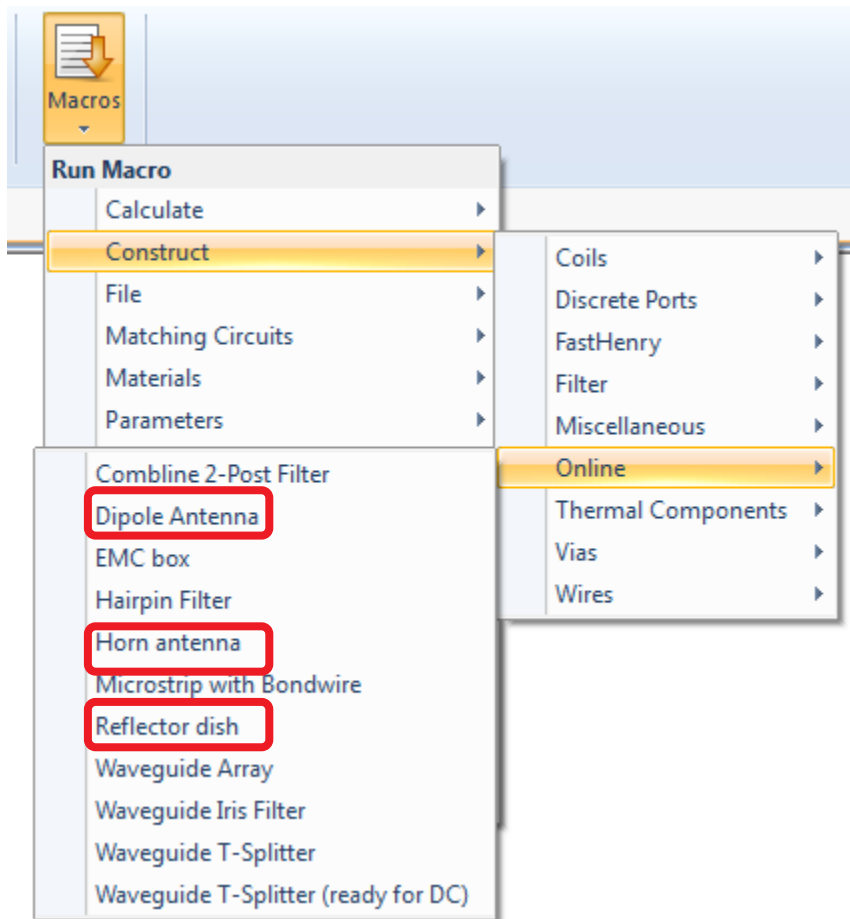
	Yagi Antenna		Folded Patch Antenna
	Circular Patch Antenna		Dual Patch Antenna
	Two Slots In Plane		Shaped End Radiator
	Circular Horn Antenna		Dielectric Resonator Antenna
	Helix Antenna		SAM Phantom With Helix Antenna

	Spiral Antenna (infinite groundplane)
	Wire Helix Antenna
	Parabol Antenna
	Planar Horn Antenna



Примеры построения простых антенн



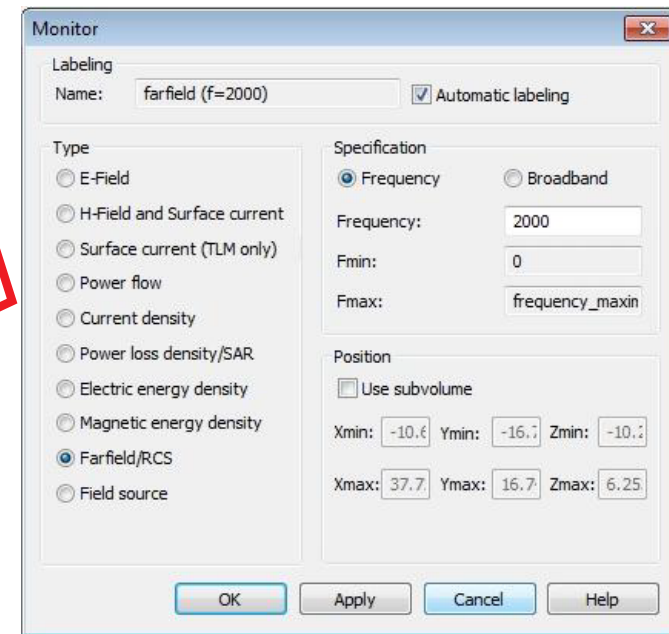
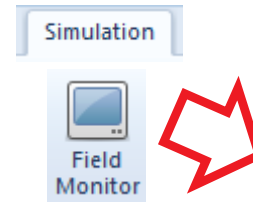
Обратите внимание: настройки моделирования этих макросов подобраны для проведения быстрого расчета.

Рекомендации по выбору вычислителя

	Категория	Примеры	Применения	Солверы
	Рефлектор	- Параболический - Угловой отражатель	- Связь - Радар - Радиоастрономия	  
	Апертурная	- Прямоугольный рупор - Конический рупор - Гребенчатый рупор - Волноводная ан. решетка	- Радар - Питание отражателя - Калибровочные стандарты - Измерения	
	Проволочная (щелевая)	- Дипольная - Логопериодическая решетка, директорная - Спиральная - Печатная антенная - Дисконусная	- Связь - GPS - Измерения ЭМС - Радиочастотная идентификация - Многое другое...	  
	Патч	- Прямоугольный патч - Круглый патч - Решетка патчей	- Радар - Связь - GPS - Формирующая изображение	 

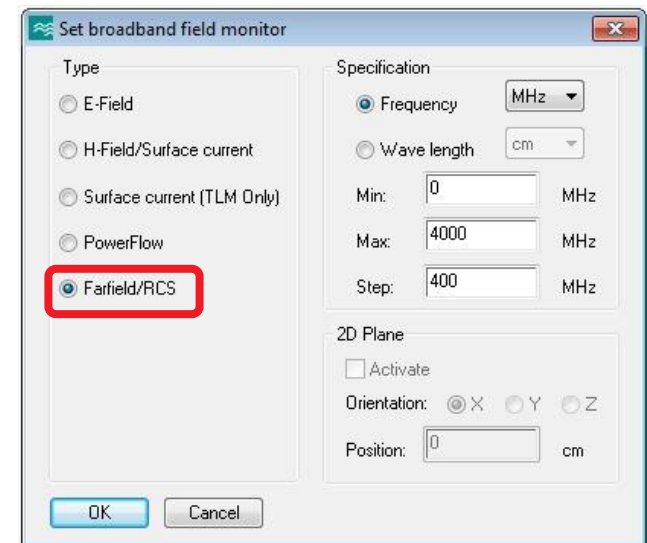
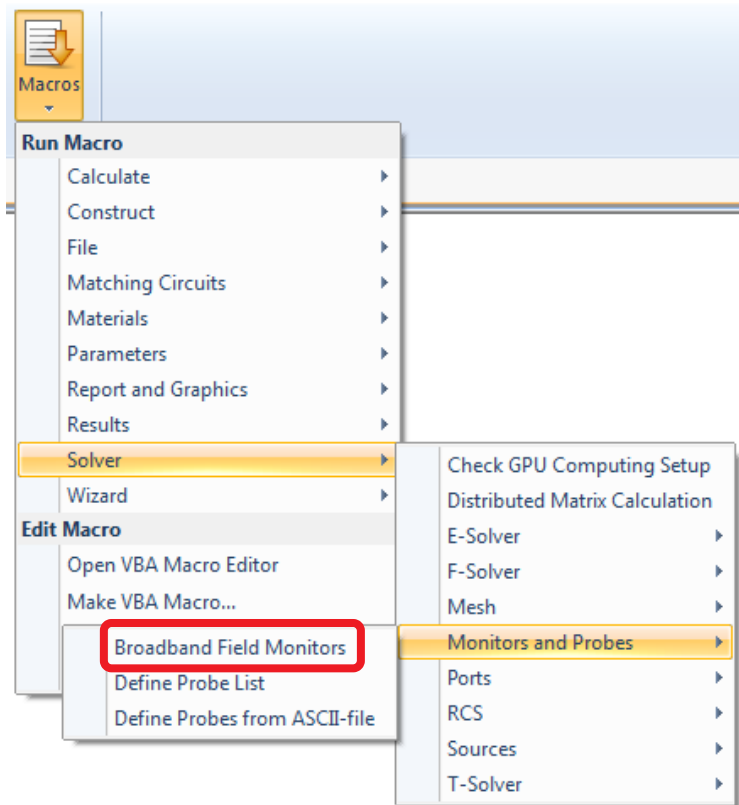
Получение поля в дальней зоне I

- Установите открытые граничные условия (open / open add space)
- Укажите монитор поля в дальней зоне на интересующей частоте.
- Убедитесь, что антенна излучает на частоте, заданной в мониторе.

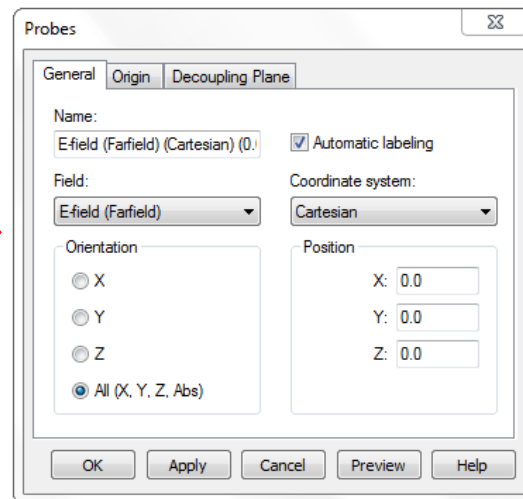
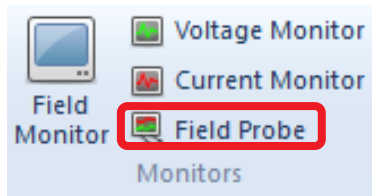


Получение поля в дальней зоне II

- Для анализа полей в дальней зоне на нескольких частотах доступен макрос:



Зонды поля в дальней зоне



Мониторы поля в дальней зоне сохраняют картину распределения поля по всем направлениям на одной частоте.

Зонды сохраняют распределение поля в одном направлении для всего диапазона частот.

Используемые величины

Approximation:

$$E_{\text{abs}}(\text{enabled}) = \sqrt{|E_1|^2 + |E_2|^2}$$

$$E_{\text{abs}}(\text{disabled}) = \sqrt{|E_1|^2 + |E_2|^2 + |E_R|^2}$$

Radiation efficiency:

$$\epsilon_{\text{rad}} = \frac{\text{radiated power}}{\text{accepted (input) power}}$$

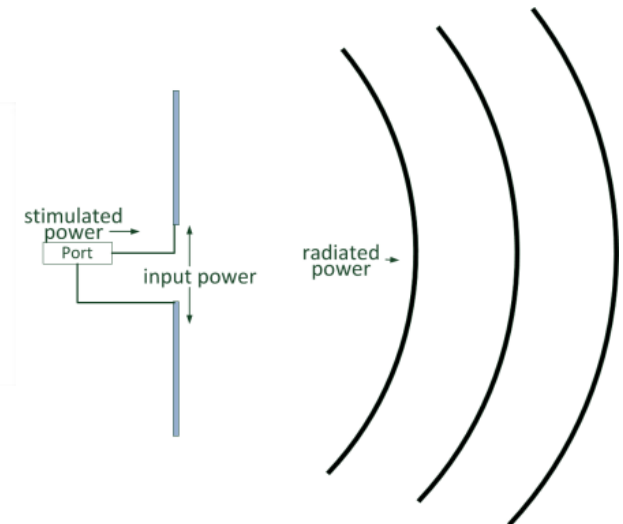
Total efficiency:

$$\epsilon_{\text{total}} = \frac{\text{radiated power}}{\text{stimulated power}}$$

Directivity:

$$D(\theta, \phi) = 4\pi \frac{\text{power radiated per unit solid angle}}{\text{radiated power}}$$

Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	Farfield (1-2000) [1]
Component	Abs
Output	Directivity
Frequency	2000
Rad. effic.	-0.04585 dB
Tot. effic.	-0.2208 dB
Dir.	10.87 dBi

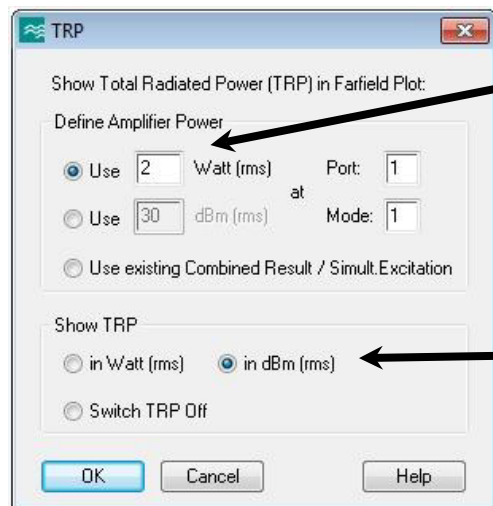


Name	Angle 1	Angle 2	Component 1	Component 2
Spherical	Theta	Phi	Theta	Phi
Ludwig 2 AE	Elevation	Azimuth	Azimuth	Elevation
Ludwig 2 EA	Alpha	Epsilon	Alpha	Epsilon
Ludwig 3	Theta	Phi	Horizontal	Vertical
Circular			Left	Right
Slant			Crosspolar	Copolar

Полная мощность излучения (Total radiated power - TRP)

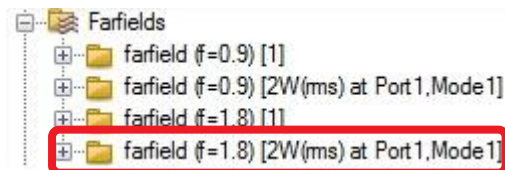
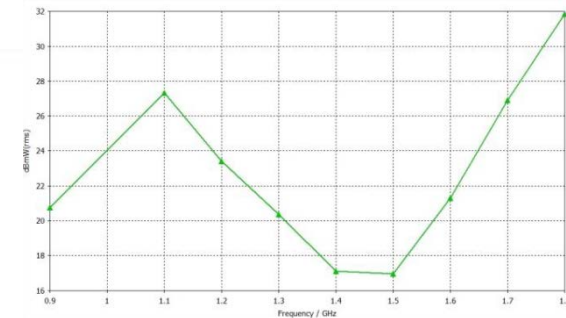
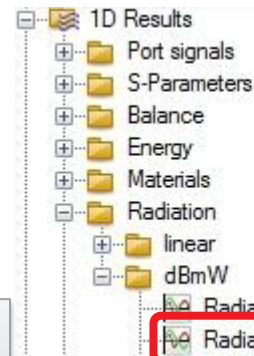
Рассчитать TRP можно тремя разными способами:

- Macros | Results | Farfield | Show Total Radiated Power (TRP)



Укажите уровень мощности в Вт или дБм

Выберите линейный или логарифмический масштаб значений TRP

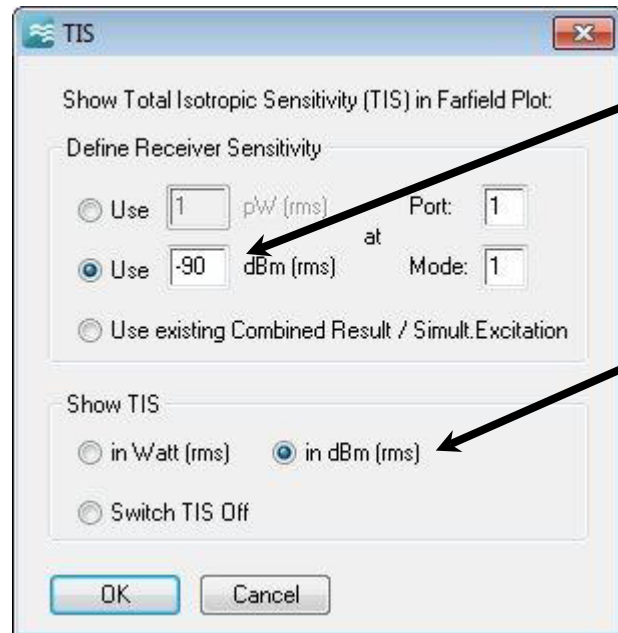


Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=1.8) [1[2,0]]
Component	Abs
Output	Directivity
Frequency	1.8
Rad. effic.	0.02345 dB
Tot. effic.	1.450 dB
TRP [dBmW,rms]	31.85
Dir.	3.686 dB1

- Results | Combine Results
- Шаблоны постобработки | Farfield and Antenna Properties | Farfield Result | Evaluation Range: 3D | Result value: TRP

Полная изотропная чувствительность (Total Isotropic Sensitivity - TIS)

Описание TIS схоже с описанием TRP

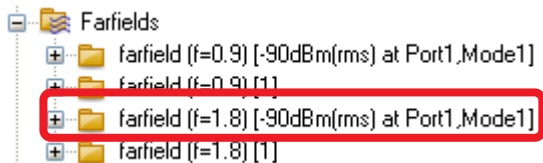


Задается чувствительность приемника в Вт или дБм

Установите линейный или логарифмический масштаб результата

- Одновременно можно отображать только один (TIS или TRP) результат
- В дальнейшем можно использовать результаты TIS в CST Design Studio для полного моделирования системы или получения параметров многопортовых устройств (аналогично с TRP)

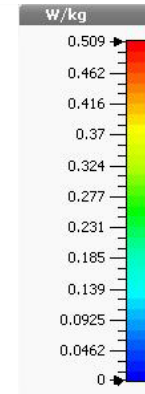
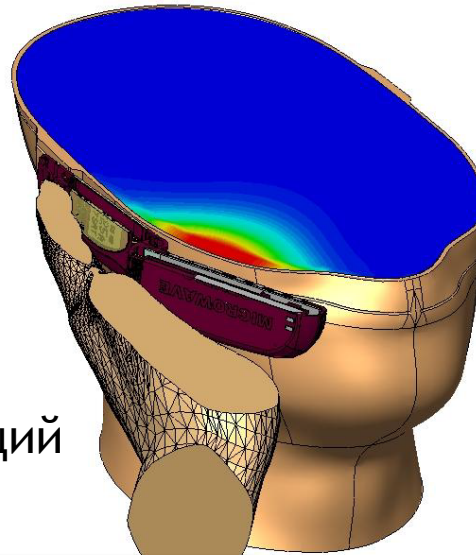
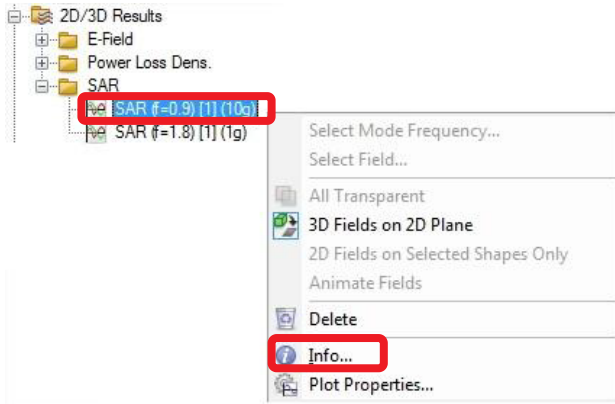
Создаются мониторы поля в дальней зоне TIS



Type	Farfield
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=1.8) [-90dBm(rms) at Port1,Mode1]
Component	Abs
Output	Directivity
Frequency	1.8
Rad. effic.	0.4800 dB
Tot. effic.	-0.2457 dB
TIS [dBmW,rms]	-89.75
Dir.	3.518 dBi

TIS также отображается

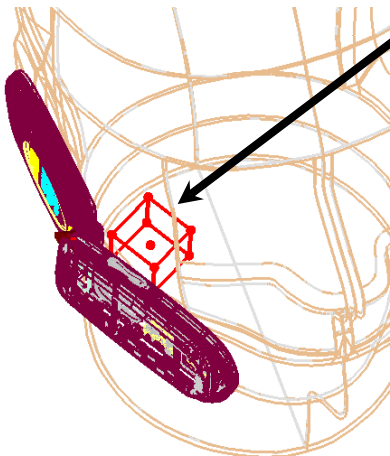
Удельная мощность поглощения (SAR)



2D или 3D картины
распределения поля,
включая информацию о
расположении максимума

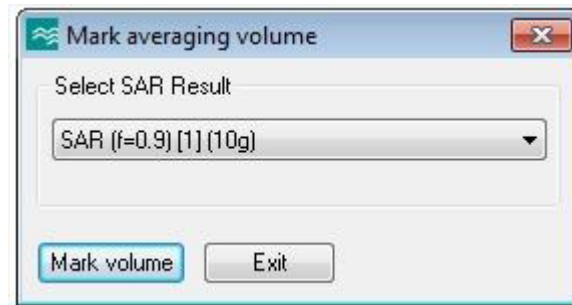
Открывает logfile, содержащий
все полученные результаты

Визуализация куба
с максимальной
величиной SAR



SAR (f=0.9) [1] (10g) (peak)

Cutplane normal:	0, 1, 0
Cutplane position:	3.249
2D Maximum:	0.5086
2D Minimum:	0
Frequency:	0.9



Macros | Results | 2D 3D Results | Plot
Averaging Volume for maximum SAR
value

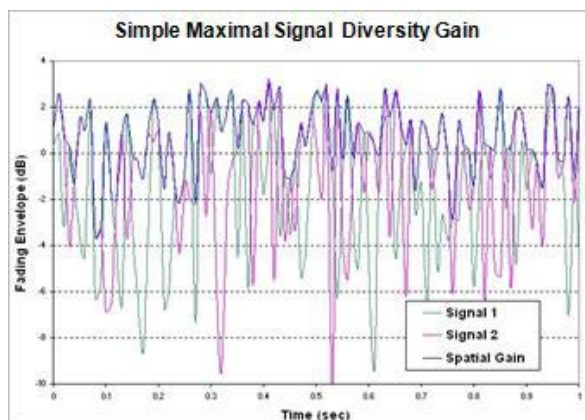
Разнесенные/ MIMO антенны

Разнесенные антенны могут справиться с замиранием сигнала.

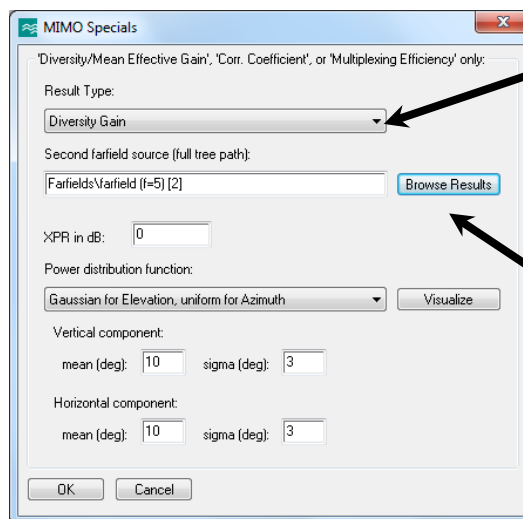
Антенна 1

Антенна 2

“Лучший” (к-т усиления при разнесенном приеме)



- Шаблоны ПО | Farfield Results | MIMO



Выберите:

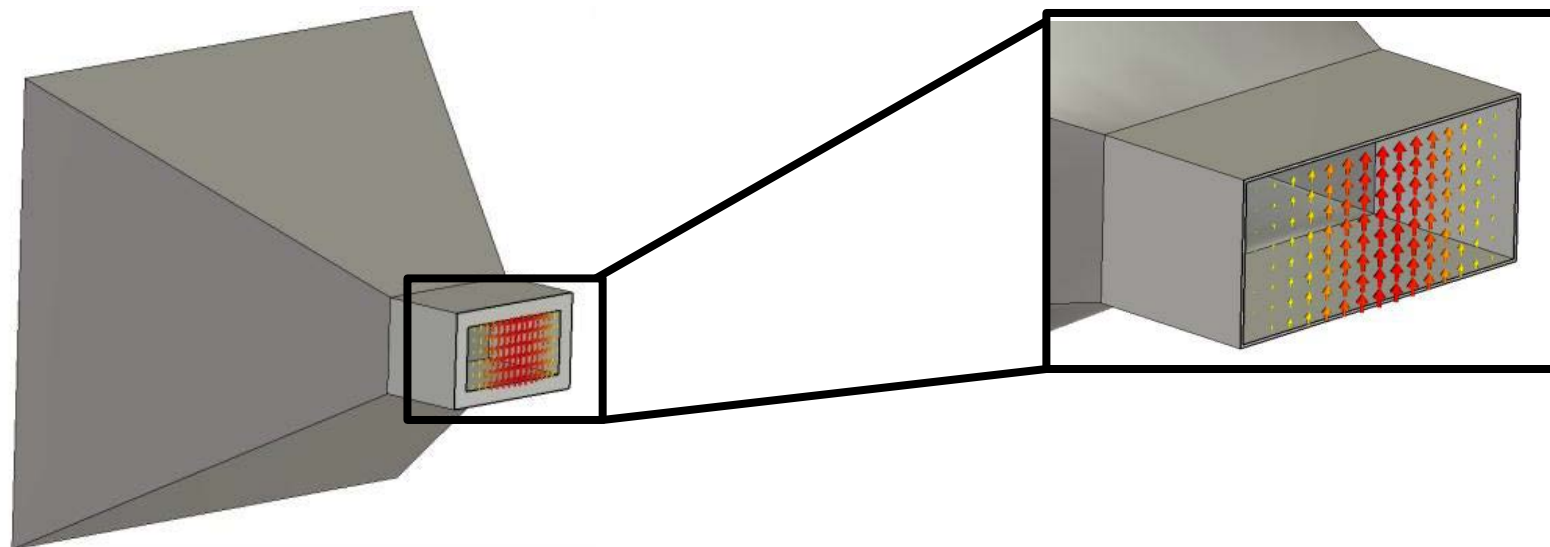
- Коэффициент усиления при разнесенном режиме
- Коэффициент корреляции огибающей
- Эффективность сложения

Загрузка поля в дальней зоне второй антенны

Установите уровень мощности поперечной компоненты поляризации и распределение мощности

- Для антенн без потерь, расположенных в изотропной среде, значения корреляции и коэффициента усиления при разнесенном приеме могут быть получены из значений S-параметров.

Основная/ Поперечная поляризации

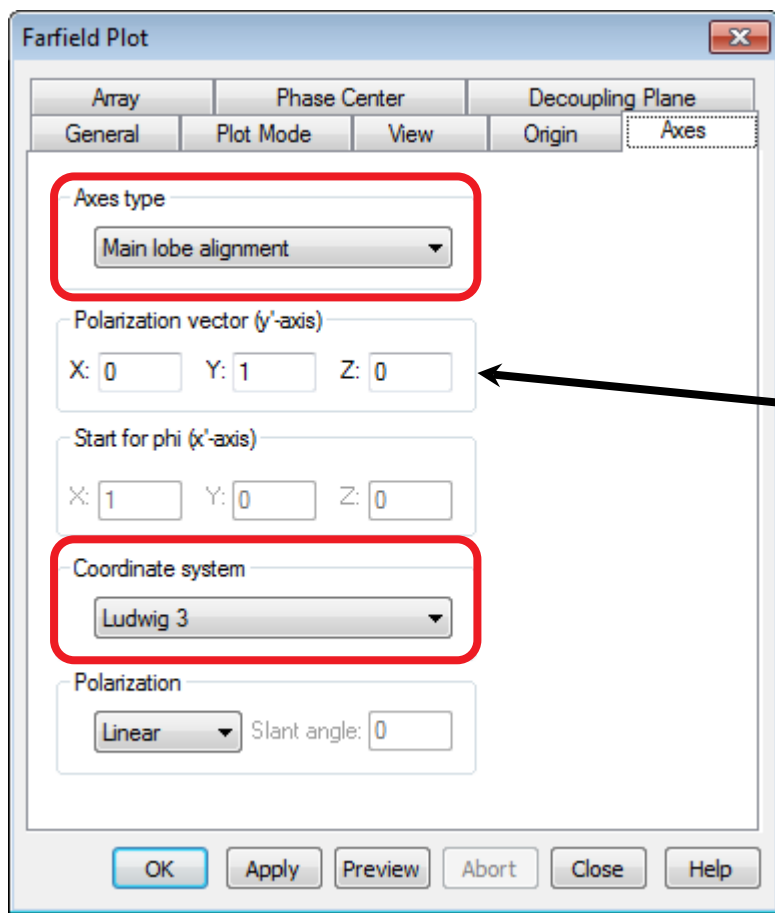


Основная компонента поля в дальней зоне обладает той же поляризацией, что и возбуждение (Ориентирована вдоль оси u в данном случае).

Поперечно поляризованная компонента поля в дальней зоне ортогональна основной компоненте и направлению главного лепестка.

Для использования разных поляризаций при приеме/передаче целью оптимизации следует выбрать максимизацию основной компоненты и минимизацию поперечно поляризованной

Основная/ Поперечная поляризации



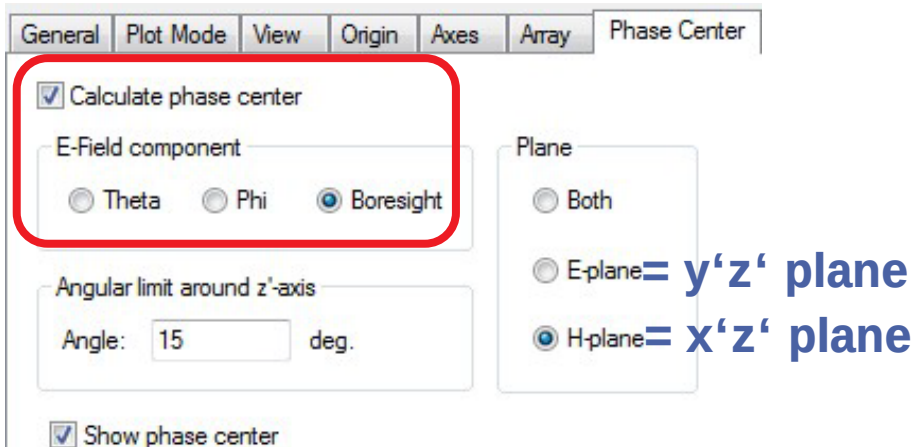
1. Выберите вкладку "Axes"
2. Выберите "Main lobe alignment" (привязка к главному лепестку)
3. Выберите "Ludwig 3" систему координат

Направление вектора поляризации
(возможно использование
пользовательских направлений)

В случае если "Main lobe ..." не выбрано, то пользователь может задать свои направления для:

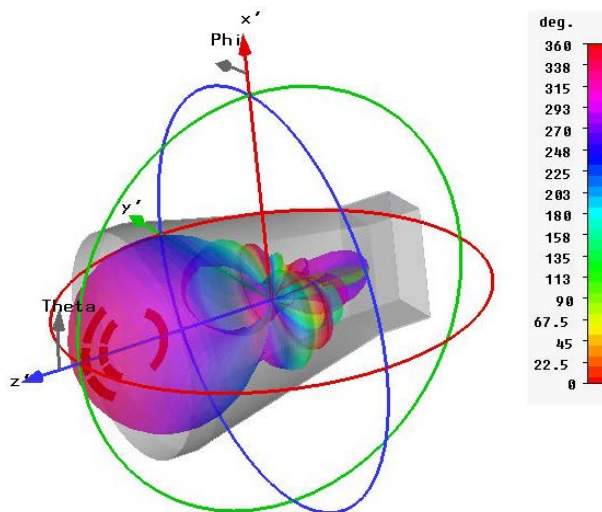
- Нормальной плоскости поляризации (z') (=ось θ)
- Поперечно поляризованной компоненты поля (x') (= ось ϕ)

Расчет фазового центра



Необходимо определить лучшее место для расположения рупорной антенны относительно параболической. Для этого необходимо совместить *фокус зеркала с фазовым центром рупора*.

Type	Farfield
Approximation	enabled ($kR \gg 1$)
Monitor	farfield ($f=10$) [1]
Component	Ludwig 3 Vert. Phase
Output	E-Field($r=1m$)
Frequency	10
E _{max} (Vertic.)	28.74 dBV/m
Phase center	(0.5, 0.25, 2.73075) Sigma 0.000800332

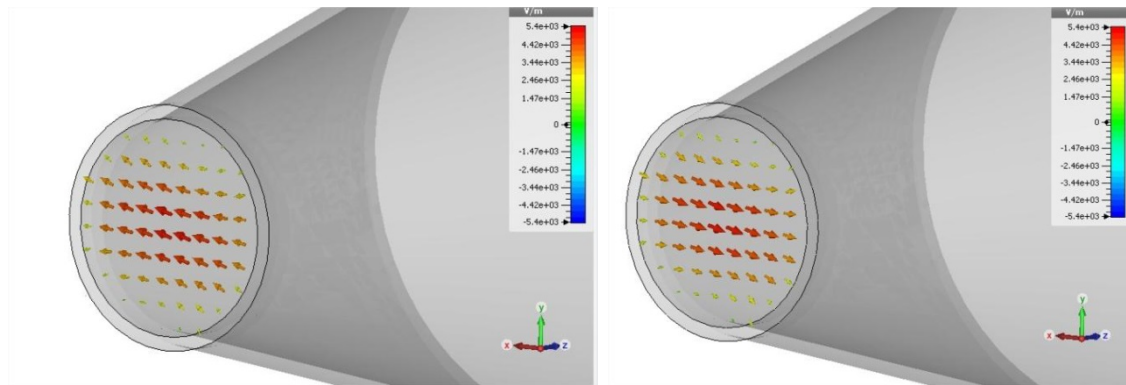


Круговая поляризация

Лево и право поляризованные компоненты поля получаются из комбинации тангенциальных составляющих

$$E_{\text{лев.}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (E_1 - iE_2)$$

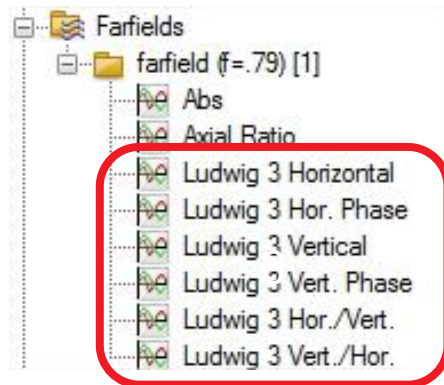
$$E_{\text{прав.}} = \frac{1}{\sqrt{2}} (E_1 + iE_2)$$



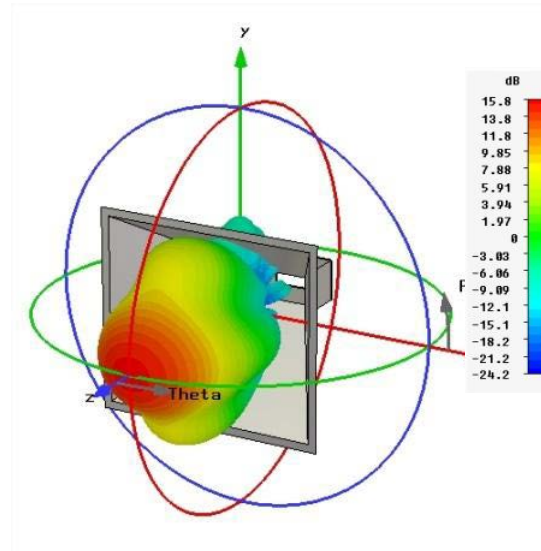
Для расчета круговой поляризации существуют два различных способа

- Комбинирование результатов
- Одновременное возбуждение – Simultaneous excitation (только для Т-солвера )

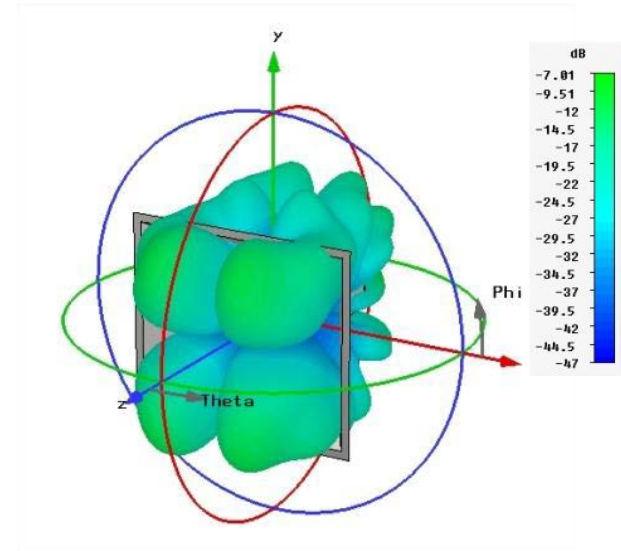
Система координат Ludwig 3



Лудвиг 3 вертикальная



Лудвиг 3 горизонтальная



$$E_{horizontal} = E_{\Theta} \cos \Phi - E_{\Phi} \sin \Phi$$

$$E_{vertical} = E_{\Theta} \sin \Phi + E_{\Phi} \cos \Phi$$

Name	Component	Pointing in	Component	In plane
Spherical	Theta	-z'	Phi	x'y'
Ludwig 2 AE	Elevation	y'	Azimuth	x'z'
Ludwig 2 EA	Alpha	x'	Epsilon	y'z'
Ludwig 3	Vertical	(y)	Horizontal	(x'z')

Антенная решетка

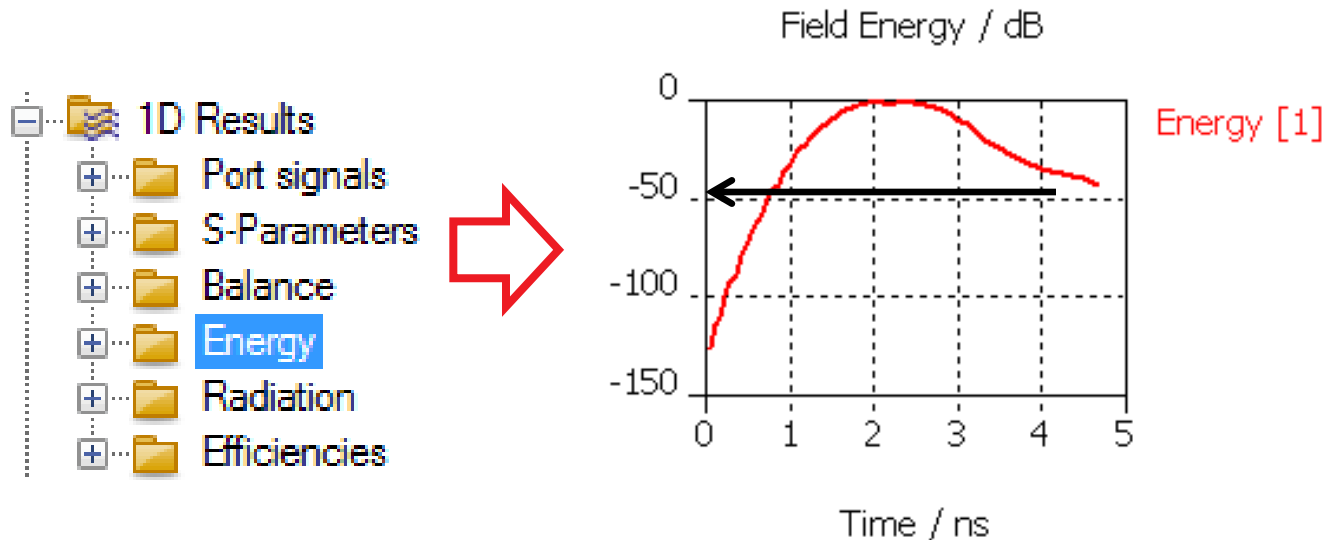
Поле в дальней зоне антенной решетки может быть получено четырьмя различными способами:

- Полным моделированием решетки
- С помощью множителя решетки
- С помощью периодических граничных условий (Periodic cells; доступно для T-  и F-  солверов) + множитель решетки
- С помощью Unit Cells (F-солвер ) + множитель решетки

Более подробную информацию ищите в интерактивной справочной системе

Некоторые советы

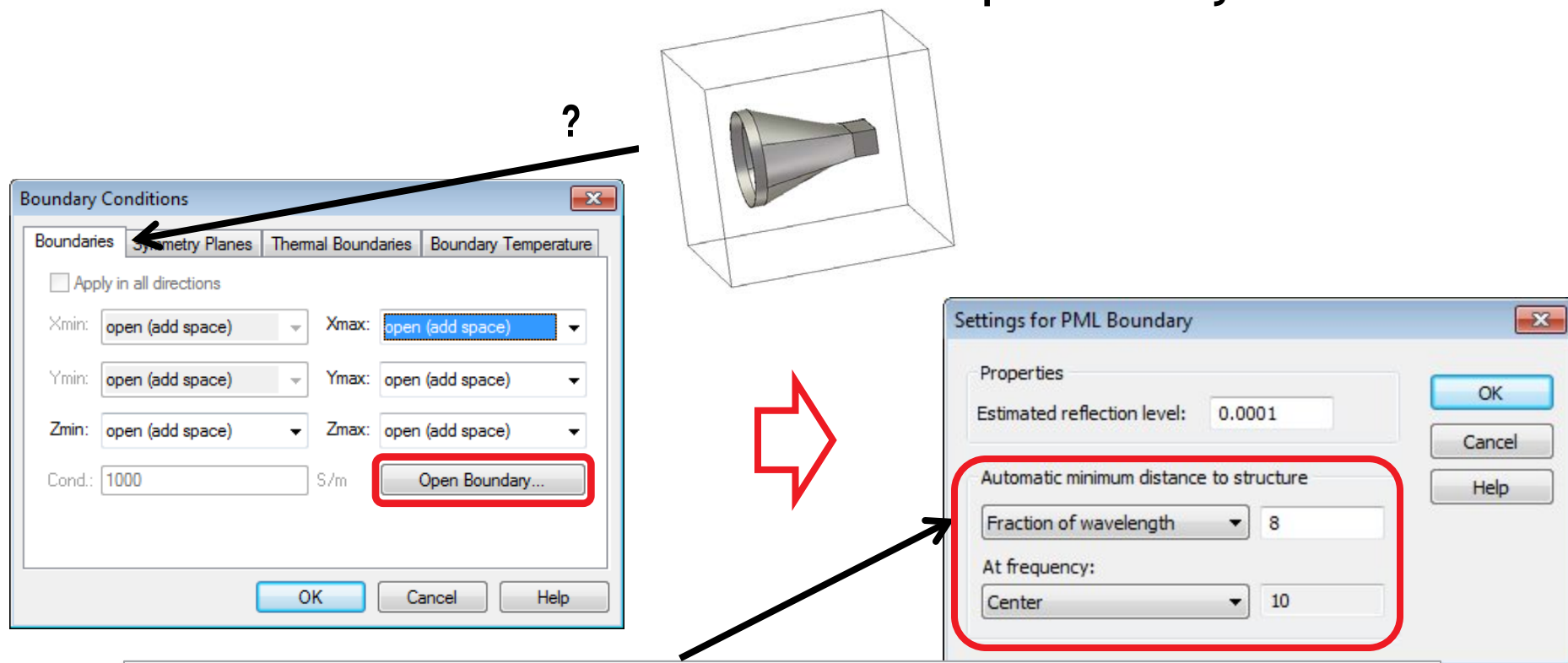
Совет 1: Задайте необходимую точность.



В случае Т-солвера рекомендуется использовать уровень точности **-40 дБ**. Для широких частотных диапазонов (напр. 0-3 ГГц) или низких уровнях излучения лучше устанавливать точность **-60 дБ**, в силу чего значения Е- и Н- поля на граничной области не пострадают от погрешностей Дискретного/Быстрого Преобразования Фурье.

Некоторые советы

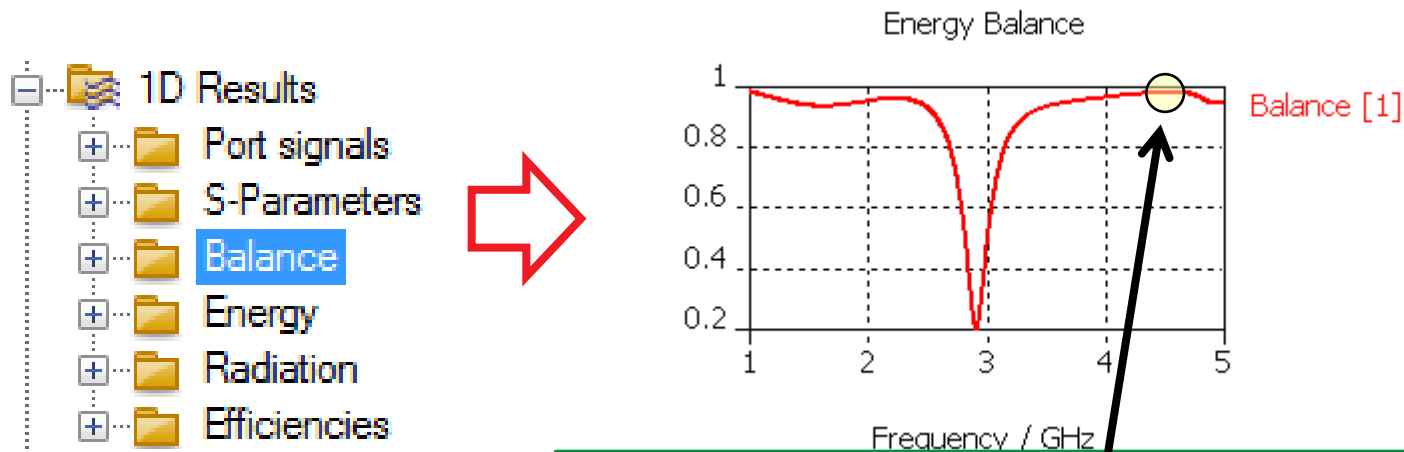
Совет 2: Устанавливайте корректные граничные условия.



Граничное условие **"open (add space)"** обеспечивает $\lambda/8$ (относительно центральной частоты) дополнительного пространства. Для частот ниже (больших λ) необходимо увеличивать дополнительное пространство.

Некоторые советы

Совет 3: Проверяйте энергетический баланс.



На 4.5 ГГц значения полей в дальней зоне могут быть неточными.

Значения полей в дальней зоне становятся неточными, **если баланс S-параметров ≈ 1** (мощность не излучается, все уходит через порты). В таком случае направленность и усиление антенны вычисляются через $\approx 0/0$. Удобное соотношение для вычисления общей мощности излучения: $(1 - \text{balance})$.