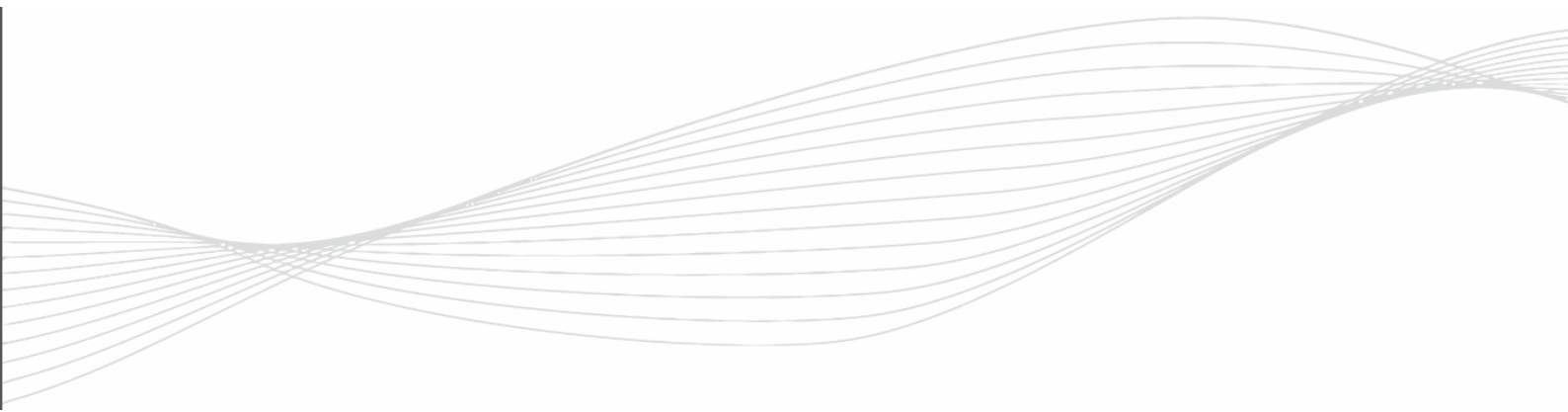


Empire XPU

Начало работы



Версия 7.00
(с) IMST GmbH 1998-2014
Декабрь 3, 2014
Официальный дистрибьютор в России ООО «ПСБ СОФТ»
www.pcbsoft.ru



Содержание

1 Введение	5
1.1 Об этом документе	5
2 Инсталляция	7
2.1 Инсталляция пакета	7
2.2 Установка первой лицензии (привязанной к узлу) ...	10
3 Пользовательский интерфейс	13
3.1 Обзор пользовательского интерфейса	14
3.2 Создание проекта	18
4 Создание структуры	21
4.1 Создание модели	21
4.1.1 Группы и свойства	22
4.1.2 Создание объектов	24
4.1.3 Операции	26
4.2 Определение порта	28
4.2.1 Типы портов	30
5 Моделирование и результаты	33
5.1 Установить параметры симуляции и сетки	33
5.1.1 Установка параметров моделирования	33
5.1.2 Настройка параметров разбиения	35
5.2 Задание мониторов поля	37
5.2.1 Настройка ближнего и дальнего поля	40
5.3 Проверка структуры и сетки	41
5.4 Результаты во временной области	42
5.5 Результаты в частотной области	45
5.6 Анимация ближнего поля	46
5.7 Анимация дальнего поля	47
6 Поиск дополнительной информации	49

1 Введение

EMPIRE XPU™ – это симулятор 3D электромагнитного поля, основанный на мощном методе Конечных разностей во Временной Области (FDTD), который стал стандартом для разработки компонентов СВЧ. Его применение простирается от анализа многослойных структур, межсоединений, и многопортовых устройств до волноводов, антенн и проблем ЭМС. EMPIRE XPU™ предоставляет все необходимые функции волнового решателя, такие как импорт и экспорт, простая настройка структуры, автоматическое разбиение, параметризации, запуск в пакетном режиме, удаленное управление и оптимизация, что делает возможными быструю разработку и анализ радиочастотных компонентов и схем. Благодаря его уникальной компиляции «на лету» и многоступенчатому представлению времени XPU 7.0 может экстенсивно использовать современные процессорные архитектуры, что приводит к производительности до 5000 миллионов¹ ячеек в секунду (МегаЯчеек/с). Эта производительность позволяет произвести анализ большеразмерных структур, таких как корпуса с шариковыми выводами (BGA), ячеистые волноводные антенны, автомобильные антенны, симуляцию ЭМС и безопасности человека, рассеивающих полигонов и больших антенных решеток в разумное время.

1.1 Об этом документе

Этот документ предназначен для ознакомления пользователя с первыми шагами освоения EMPIRE XPU™.

Будут обсуждаться философия и основные возможности программы, вместе с советами, ссылками на руководство пользователя и прочие документы.

¹ измерено на процессоре Intel Core i7 3960X

2 Инсталляция

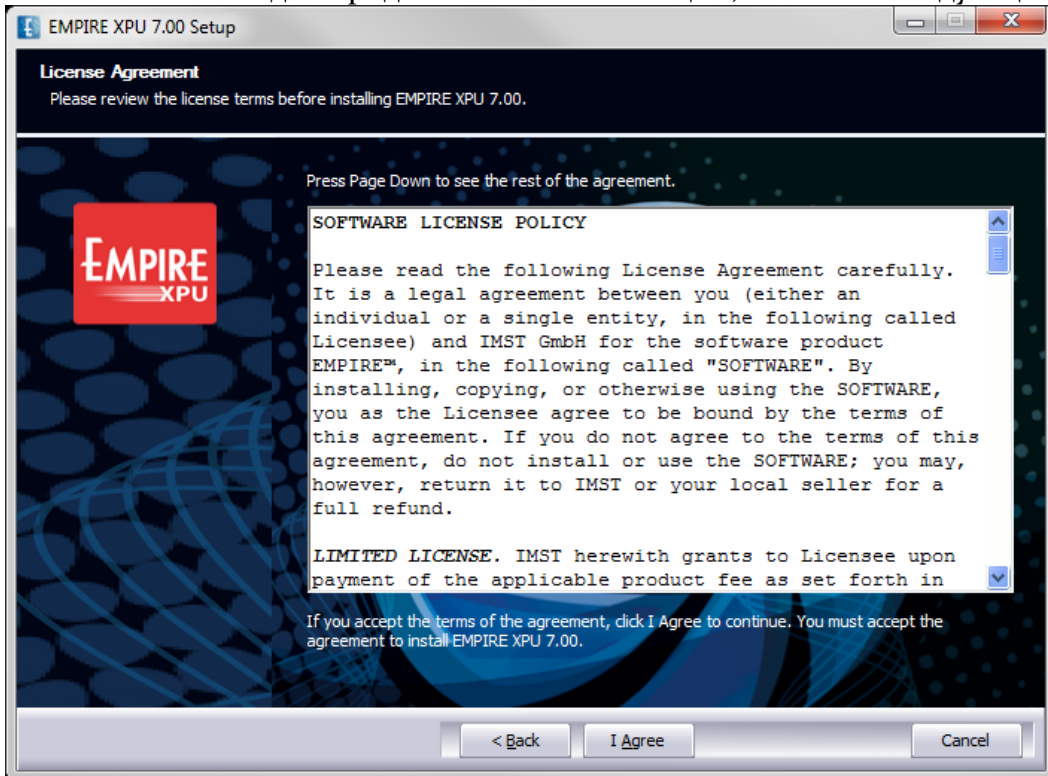
2.1 Инсталляция пакета

Вы должны иметь права Администратора, чтобы инсталлировать все файлы.

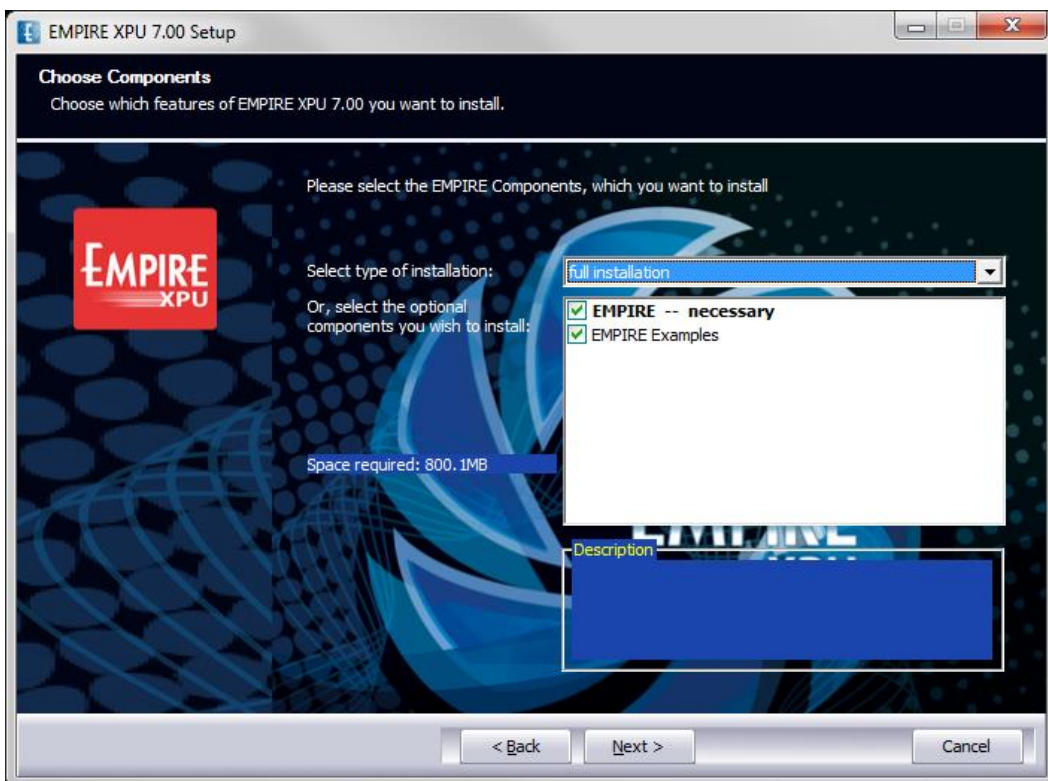
1. Запустите **setup.exe** в корневой папке инсталляционного CD (если он не запустился автоматически). Появится следующее окно:



2. Нажмите Next> для продолжения инсталляции, появится следующее окно:



3. Нажмите «I Agree» для согласия с условиями лицензии, и процедура инсталляции отобразит следующее окно:



4. Мы рекомендуем производить полную установку EMPIRE XPU™. Если вы не хотите устанавливать Примеры, уберите отметку с чек-бокса Examples. Нажмите Next> для продолжения установки. Появится следующее окно:



5. Выберите папку для установки **Destination Folder** и нажмите Next> для продолжения установки. Появится следующее окно:



6. В конце нажмите Install, затем Next>, и Finish для выхода из окна установки.

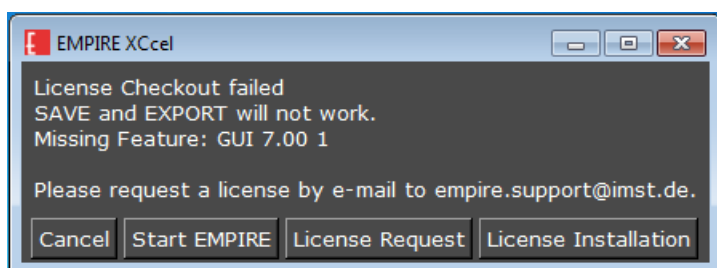
2.2 Установка лицензии впервые (с привязкой к узлу)

Без лицензии, программа может быть запущена только для просмотра существующих проектов. Сохранение и запуск проектов требует наличия действующей лицензии. Для генерации лицензии на программу EMPIRE XPU™, требуются некоторые идентификационные данные вашего компьютера (на который будет установлено ПО).

1. Двойным нажатием на иконку EMPIRE XPU™ на рабочем столе запустите программу. Появится следующее окно начального запуска



Если лицензия не найдена или устарела, то появится следующее окно



2. Нажмите License Request, откроется форма запроса лицензии:

EMPIRE License Request

Please complete the form below, incomplete information will delay licensing.

LICENSE KEY REQUEST FORM EMPIRE
for empire.support@imst.de

Version of EMPIRE : EMPIRE 7.0

HostID #1 : "2477031b5229 2477031b5228 0021cc6c9638 402cf46b7e6f"
HostID #2 : "2477031b5229 2477031b5228 0021cc6c9638 402cf46b7e6f"
HostID #3 : DISK_SERIAL_NUM=14267520
HostID #4 : HOSTNAME=imst4218
Dongle IDs :

E-mail address :

Using ilmC license module

Save Cancel

3. Заполните форму с указанием Вашего имени, названия предприятия, адреса и E-mail. Сохраните текст в файл и отправьте на empire.support@imst.de

Команда поддержки EMPIRE XPU™ сгенерирует лицензионный файл и отправит его вам. Для того, чтобы установить лицензионный файл:

4. Сохраните лицензионный файл, который вы получили по e-mail.

5. Выполните двойной клик на иконке EMPIRE XPU™ на рабочем столе.

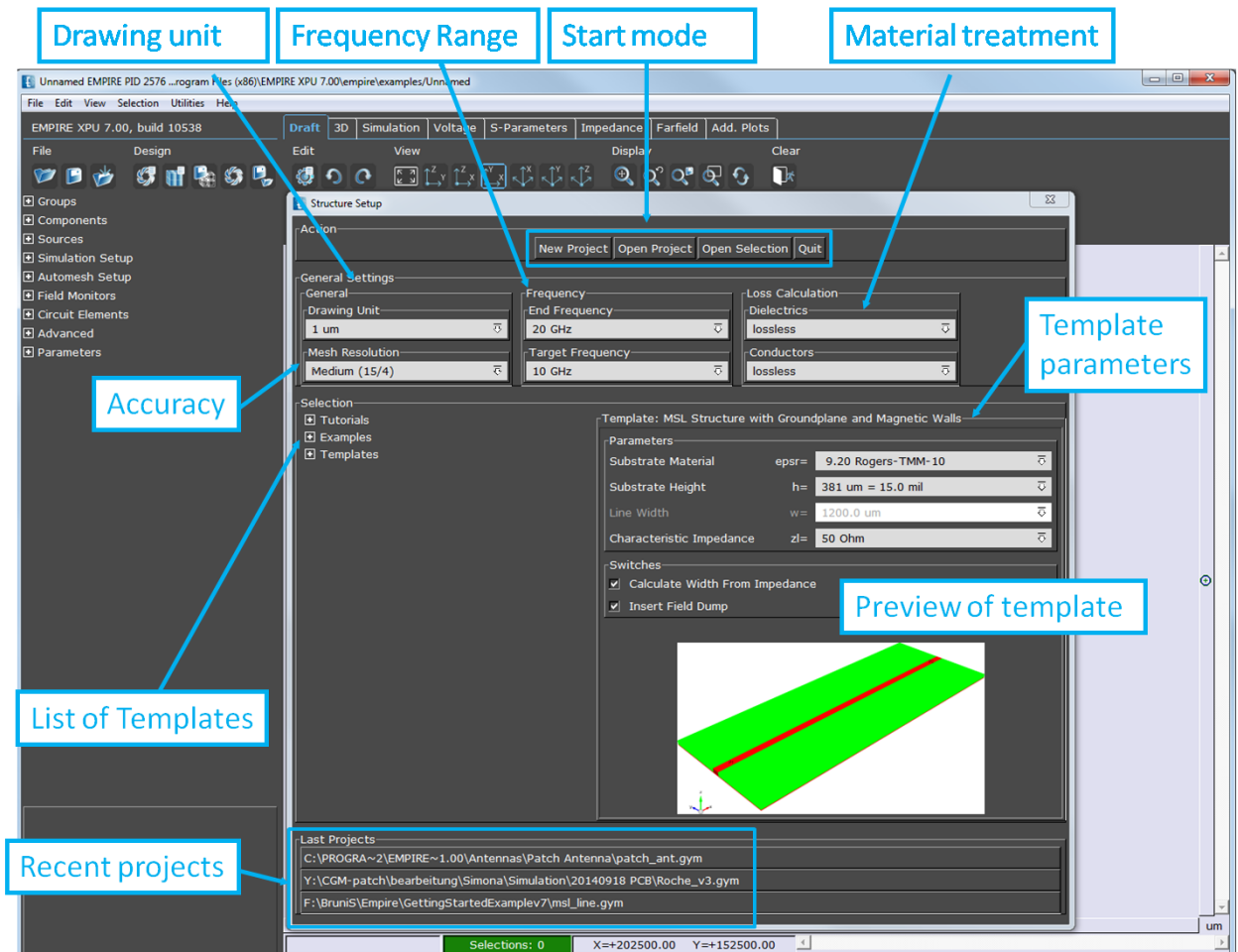
6. Выберите «License installation».

7. Примите лицензионное соглашение, выберите лицензионный файл и подтвердите ввод.

8. Установка лицензии завершена. Закройте EMPIRE XPU™ и запустите его еще раз.

3 Пользовательский интерфейс

При запуске EMPIRE XPU™ через иконку на рабочем столе, появится Стартовое окно



Стартовое окно позволяет пользователю:

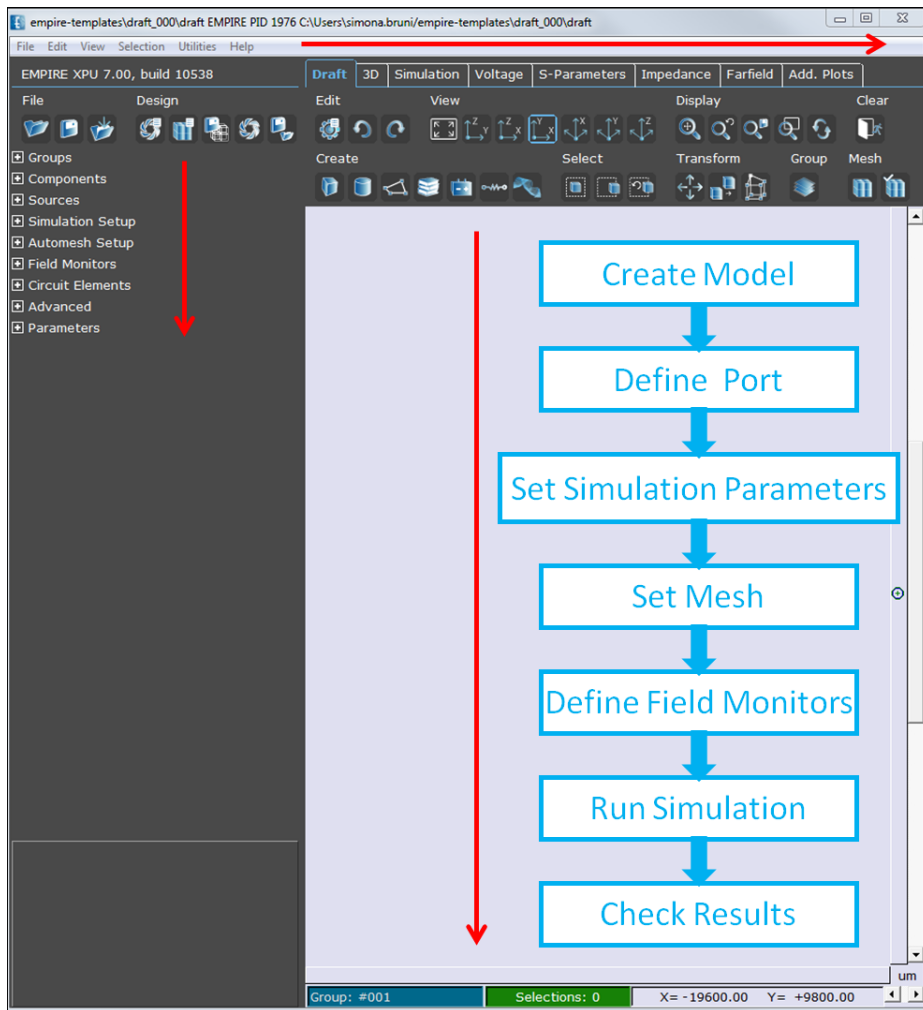
- Создать новый проект
- Открыть существующий проект
- Запустить один из множества встроенных шаблонов или примеров

Пользователь может начать «с чистого листа» или выбрать пошаговый учебник, уже отмоделированный пример, или шаблон-заготовку. В Стартовом окне могут быть установлены некоторые общие параметры для нового проекта (единицы отображения, диапазон частот, точность, и т.д.). Частотный диапазон и разрешение определяют ширину импульса, который используется как сигнал для возбуждения порта. Во время моделирования значения напряжений и токов записываются, что и определяет частотные параметры при пост-обработке.

В последующих секциях будет использован шаблон микрополосковой линии как пример для разъяснения возможностей EMPIRE XPU™.

3.1 Обзор пользовательского интерфейса

Новый релиз EMPIRE XPU™ имеет совершенно новый пользовательский интерфейс, который организован в соответствии со стандартным маршрутом моделирования.



Маршрут моделирования, встроенный в пользовательский интерфейс, может быть описан как:

- Создать модель
 - создать новый проект или загрузить проект, пример или шаблон
 - установить единицы, геометрию, материалы и параметры
- Задать порты
- Задать параметры моделирования
 - частотный диапазон, точность, граничные условия

- Задать сетку
 - ручная сетка, или параметры для авторазбиения
- Определить мониторы поля
- Запустить моделирование
 - одиночная симуляция, качание параметров или оптимизация
- Проверить результаты
 - S-параметры, импедансы, ближнее поле, дальнее поле

Различные элементы пользовательского интерфейса имеют следующее назначение:

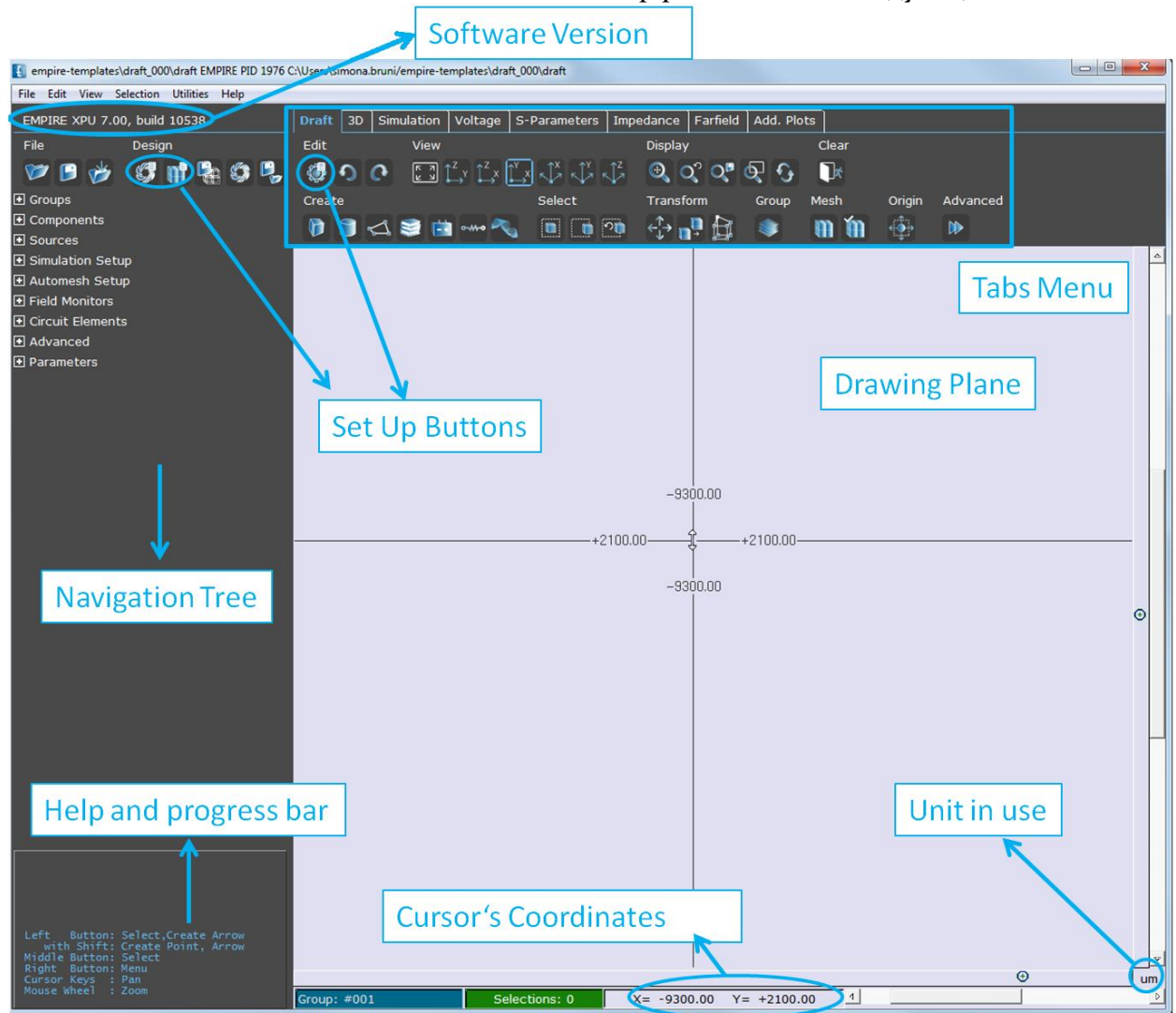


Рис. 3.1: Различные элементы пользовательского интерфейса

Дерево навигации (Navigation Tree)

В дереве навигации вы можете получить доступ к структуре и редактировать каждый элемент, используемый в симулируемой модели. Вы можете также задать параметры симуляции, сетку и получить доступ к продвинутым опциям редактора (Импорт, Экспорт, Графические настройки, Свойства курсора и привязки). Также из этой части пользовательского интерфейса могут быть созданы мониторы поля. Далее там доступны дополнительные возможности задания сеток, список текущих выбранных объектов и скопированный фрагмент. Координаты объектов и значения свойств, например, диэлектрическая проницаемость, могут быть заданы параметрически. Дерево навигации содержит список параметров с опциями качания (сви́пирования) параметров.

Кнопки установки (Set Up Buttons)

Кнопки установки предоставляют гибкий способ доступа к наиболее часто используемым функциям, для того чтобы настроить параметры моделирования, сетку и опции редактора.

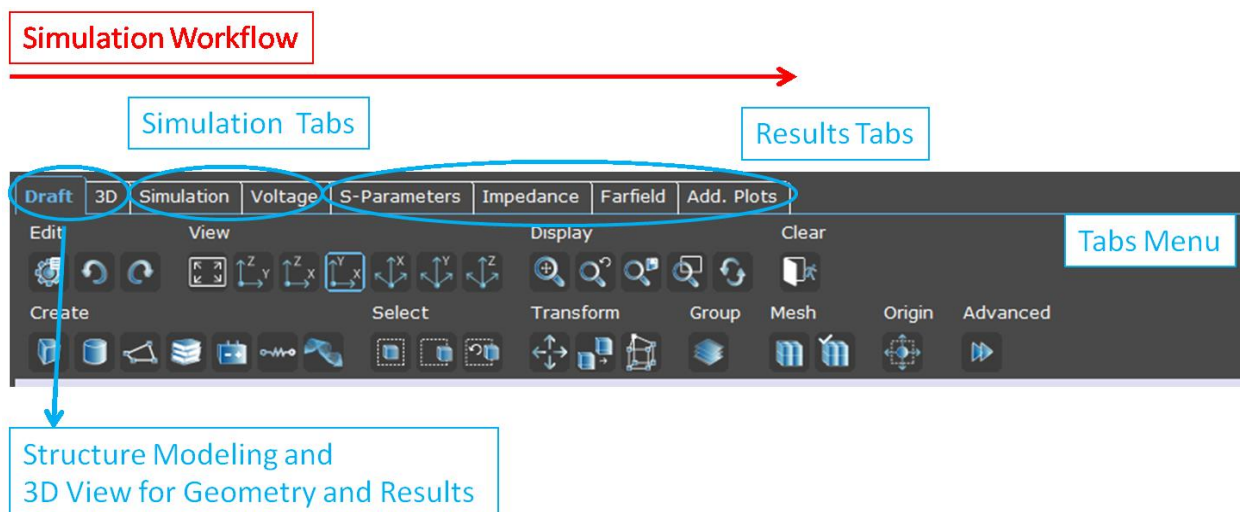
Окно помощи и индикации прогресса (Help and Progress bar)

Это окно отображает информацию о функциях графического интерфейса EMPIRE XPU™, которые доступны с помощью использования левой, средней и правой кнопки мыши. Полоска прогресса моделирования отображается во время выполнения моделирования.

Подсказка

Требования к мыши: рекомендуем использовать трехкнопочную мышь с колесиком. Если средняя кнопка мыши недоступна, она может имитироваться: Колесико: Shift + Правая/Левая кнопка мыши. Средняя кнопка: Ctrl + Левая кнопка мыши.

Вкладки (Tabs Menu)

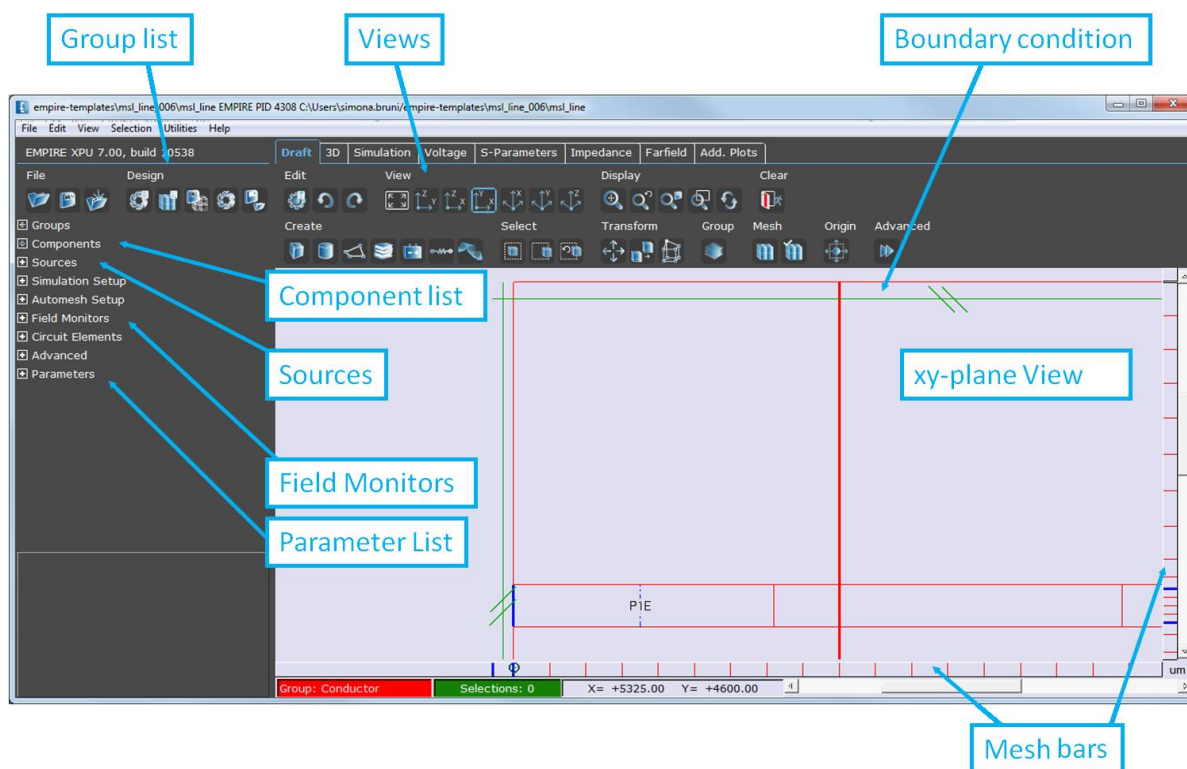


Вкладки организованы в соответствии с маршрутом моделирования. Используя вкладки, вы можете переключаться между различными функциональными блоками EMPIRE XPU™. Вкладка Draft (Заготовка) активизирует лист схематического представления, на котором вы можете рисовать и редактировать структуру в 2-мерных видах. Проекционный вид геометрии может быть просмотрен во вкладке 3D. Также вкладка 3D используется для отображения анимаций поля после симуляции. Для того, чтобы отобразить графики ближнего и дальнего поля, должны быть определены мониторы поля.

Перед моделированием, доступны только вкладки Draft и 3D. После нажатия кнопки Simulation режим отображения меняется на вкладку Voltage, и временные последовательности изменения напряжения в портах будут отображаться в процессе моделирования. Когда моделирование завершено, будут отображены параметры излучения **Scattering Parameters**. Пользователь может переключиться в режимы отображения импеданса или дальнего поля, если они доступны.

3.2 Создание проекта

Выбирая на стартовой странице «Open Selection», мы открываем шаблон по умолчанию, с настройками по умолчанию. Это шаблон микрополосковой линии с двумя портами. Единицы отображения установлены в 1 мкм, использовано среднее разрешение сетки. Частотный диапазон составляет от 0 до 20 ГГц, и все материалы рассматриваются как «не вносящие потерь» (lossless).



Во вкладке Draft структура отображена в виде проволочной модели. Справа и внизу отображается текущая сетка FDTD (разбиение), в виде коротких линий, из них самые внешние определяют область моделирования. В зависимости от граничных условий,

границы области моделирования помечены зеленым (магнитные), красным (электрические), или пунктирными линиями (открытые).

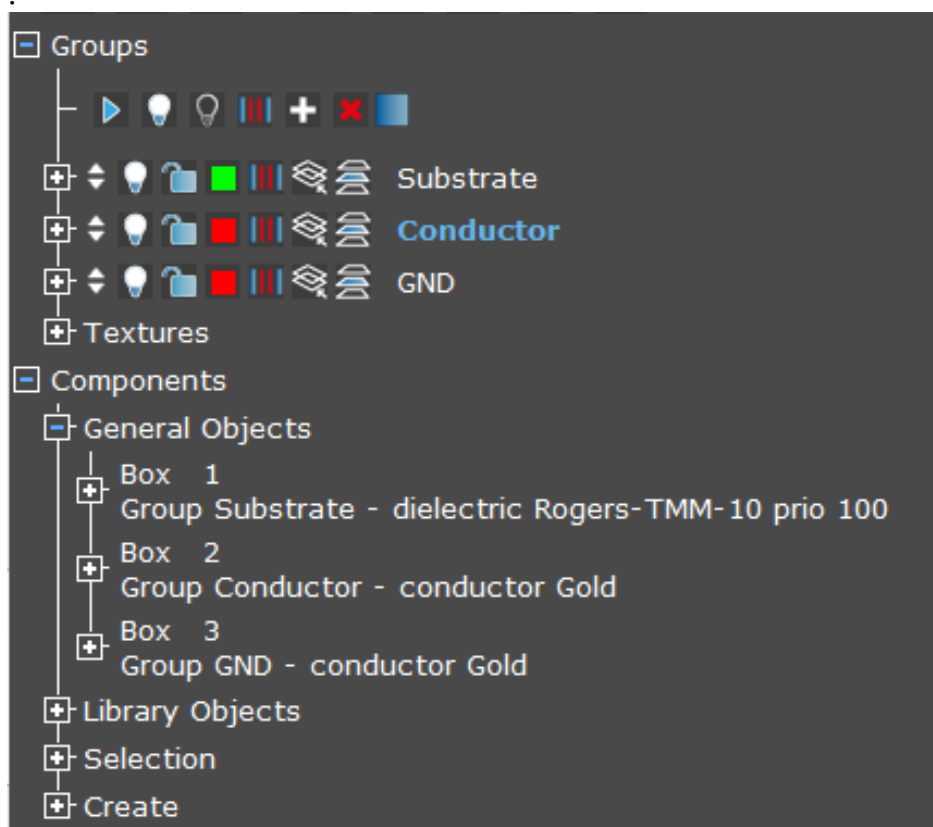
В дереве навигации (слева) имеются списки для создания и управления группами, компонентами, источниками, мониторами поля и др. Наверху могут быть выбраны различные вкладки для выбора разных режимов отображения. Во вкладках Draft и 3D первый ряд иконок относится к действиям с проектом и к вариантам отображений. Во вкладке Draft во втором ряду появляются контекстно-зависимые кнопки для операций редактора, в зависимости от выбранных объектов или операторов.

4 Создание структуры

Этот раздел предлагает обзор базовых компонентов и маршрута EMPIRE XPU™. Обсуждаются разнообразные аспекты разных компонентов программы, по мере их появления в маршруте моделирования.

4.1 Создание модели

Объекты (боксы, полигоны, провода, тела - Boxes, Polygons, Wires, Solids) с общими свойствами организованы в группы (**Groups**). Рекомендуется создавать группу, задавать ее свойства, затем создавать объекты, принадлежащие этой группе, и продолжать со следующей группой. Некоторые объекты, такие как полигоны, провода и порты, используют значение поля «высота группы» (**Height**)



В EMPIRE XPU™ встроен новый мастер для импорта данных топологии (DXF, Gerber, GDS). В окне импорта Gerber-файлов можно выбрать группу и высоту для каждого слоя данных.

Импортированные данные 3D (формат STL) могут создавать группы автоматически, и только их свойства должны быть определены вручную. Объекты создаются в режиме Draft в видах Top (сверху), Front (спереди) или Right (справа). Они создаются и редактируются с использованием списка **Components** (Компоненты).

Подсказка

- Выбор объектов: наведите курсор на один из краев объекта. Нажмите левую кнопку мыши. Если объекты лежат один на другом, нажмите и потяните среднюю кнопку мыши для переключения между объектами, или отключите некоторые слои.
- Выбор нескольких объектов: Используйте кнопки Select overlapping outside/inside
- Выбор всех объектов (видимых): Ctrl-a

4.1.1 Группы и свойства

Объекты с разными свойствами организованы в отдельные группы. Эти свойства могут быть или физическими (например, материал), или геометрическими (например, высота), или функциональными (например, управление разбиением). Группы управляются через список в навигационном дереве. Там может быть задано имя, цвет и стиль группы, чтобы различать их, и каждая из них может быть заблокирована или скрыта, для предотвращения случайной модификации объектов.

Новые объекты всегда создаются в активной группе, которая отображается с подсвеченным именем и индицируется в нижней строке графического интерфейса. Вновь созданная группа автоматически отмечается как активная, и подсвечивается синим цветом. Для активации другой группы, нажмите левую кнопку мыши на имени соответствующей группы.

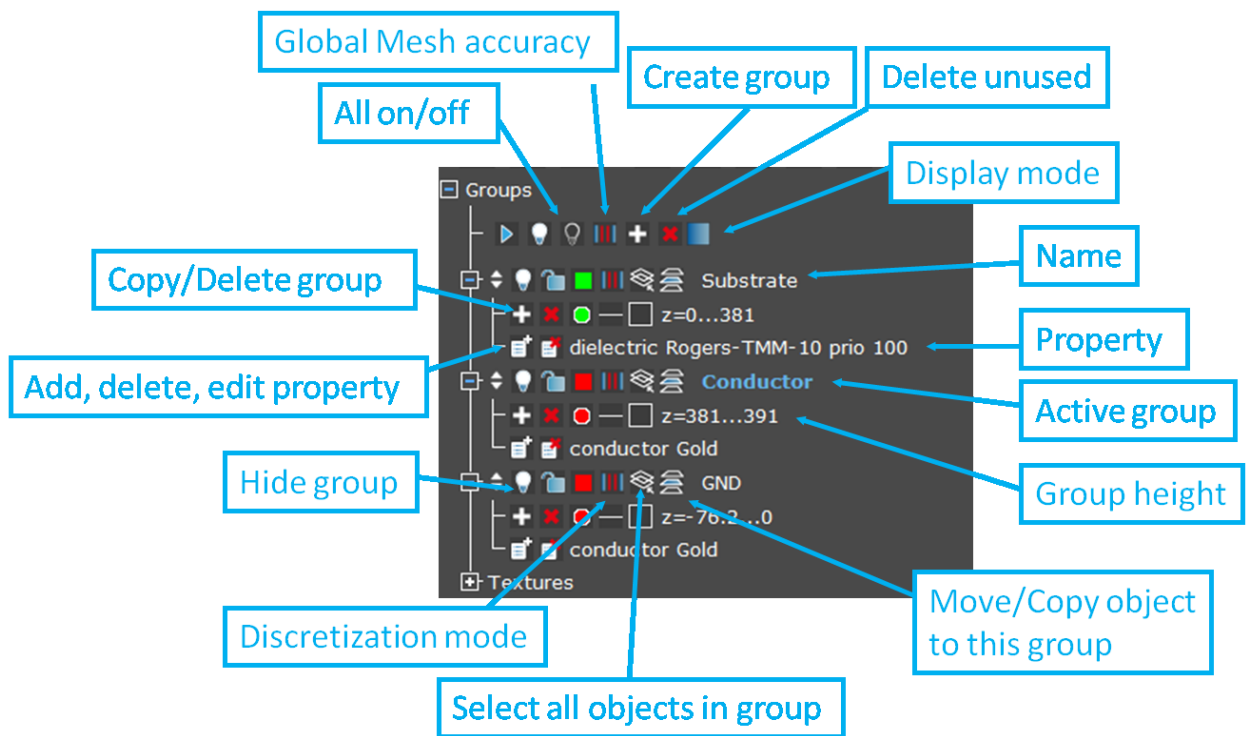








Рис. 4.1: Организация групп

Высота группы используется для назначения объектам типа бокс или полигон соответствующего вертикального размера, или для корректировки расположения библиотечных объектов.

Все объекты в группе по умолчанию наследуют ее свойства. В некоторых случаях группа может иметь более чем одно свойство (например, проводник и настройки разбиения).

Более того, режим разбиения может быть выбран индивидуально для каждой группы, чтобы классифицировать значимость объектов группы для моделирования, а именно:

-  По умолчанию, разбивать границы и внутреннее содержимое объектов
-  Разбивать только границы объектов
-  Не разбивать объекты в этой группе
-  Разбивать границы объектов и детально разбивать внутреннее содержимое
-  Игнорировать границы, разбивать только внутреннее содержимое
-  Разбивать только промежутки

При нажатии кнопки Add property (добавить) или Edit property (редактировать) в списке группы активируется редактор свойств **Object Property Editor** (Рис. 4.2).

Могут быть выбраны несколько predefined свойств и назначены объектам группы. Свойства материалов должны быть выбраны с помощью команды **Assign Material properties**, где доступна обширная база материалов (диэлектрики, проводники и абсорберы) и где может быть создана пользовательская база материалов.

Каждому свойству материала может быть назначен определенный приоритет, определяющий преобладающее свойство в случае пересечения объектов. Чем больше значение приоритета, тем более высокий приоритет у редактируемого материала.

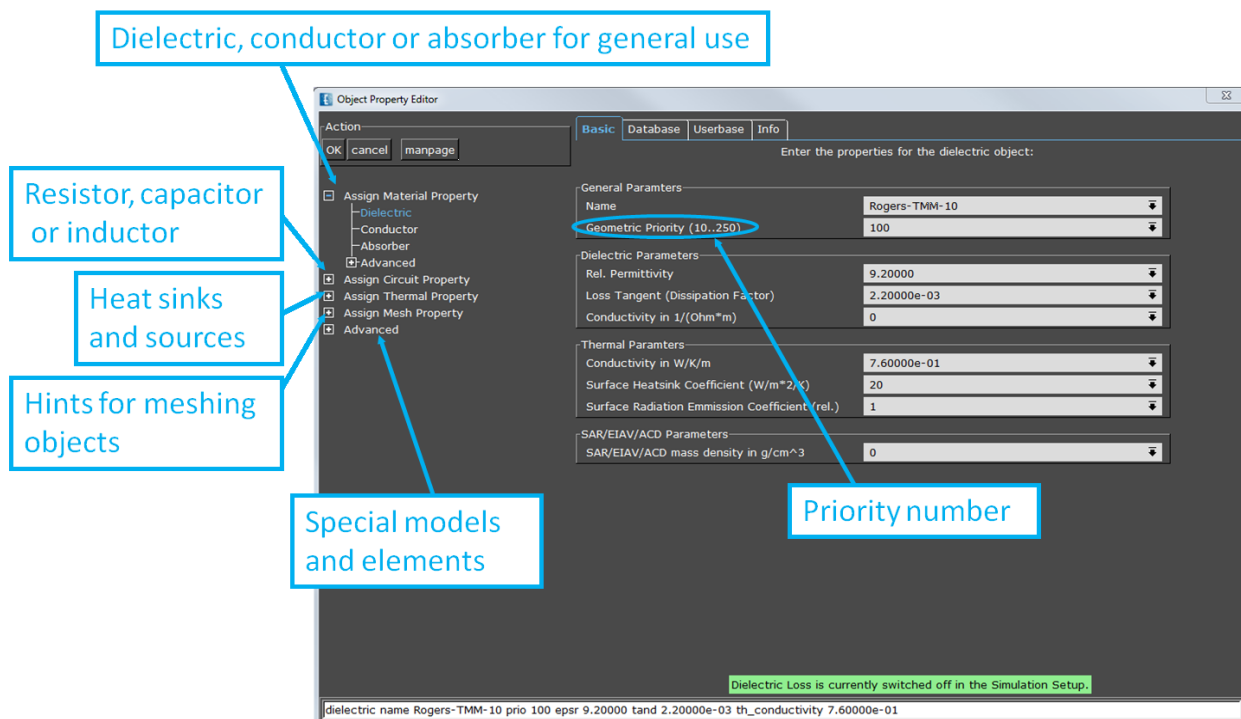


Рис. 4.2: Окно редактора свойства объекта

Продвинутые свойства содержат специальные модели или возможности воздействий.

4.1.2 Создание объектов

В EMPIRE XPU™ базовые объекты – это боксы, полигоны, линейные и вращательные полигоны.

Их края или углы представлены точками (видимыми после выбора), которые могут быть выбраны для модификаций (вытягивания, передвижения...). После создания, объекты доступны в списке **Components** в дереве навигации слева.

- **Box** – объект состоит из 6 координат. Они могут быть определены либо с помощью списка компонентов, либо в окне рисования в одном из плоских видов. Другой вариант – создать вектор, который пересекает структуру слоев. В этом случае, должна быть задана высота группы, перпендикулярная текущему виду, так как она задает глубину бокса по умолчанию.
- **Poly(gon)** – относится к той же концепции высоты группы. В списке компонентов полигоны определяются как законченный набор точек в текущем слое, при том что толщина задается высотой группы. В окне рисования полигон создается последовательностью введенных точек. Полигон, содержащий единственную точку и радиус, представляет круглый цилиндр, а для множества точек радиус действует как скругление углов полигона.

Импортированные структуры всегда обрабатываются как полигоны.

- **Lin(ear)poly(gon)** – линейные полигоны, открытые объекты, которые по этой причине часто используются как провода. Они обычно определяются с помощью вектора со стартовой высотой, конечной высотой и углами наклона.
- **Rot(ational)poly(gon)** – могут быть получены из обычных полигонов. Они создаются путем ввода вектора как оси вращения в слое, являющемся сечением полигона, и выбором самого исходного полигона.
- **Solid objects** – объемные тела, они обычно являются результатом Булевых операций или не-ортогональных вращений, примененных к объектам. Этот тип объектов также может быть получен после раскрытия библиотечного объекта, или если трехмерные данные в формате STL импортированы из других источников.

Более сложные объекты могут быть взяты из библиотеки объектов, которая доступна через нажатие **Create Library Object** (Рис. 4.3). Эти объекты могут быть скопированы, перемещены, повернуты или отражены зеркально. Если эти объекты должны быть модифицированы, например, с помощью Булевых операций, они должны быть сначала сконвертированы в объемные тела или полигоны с помощью операции **Explode**.

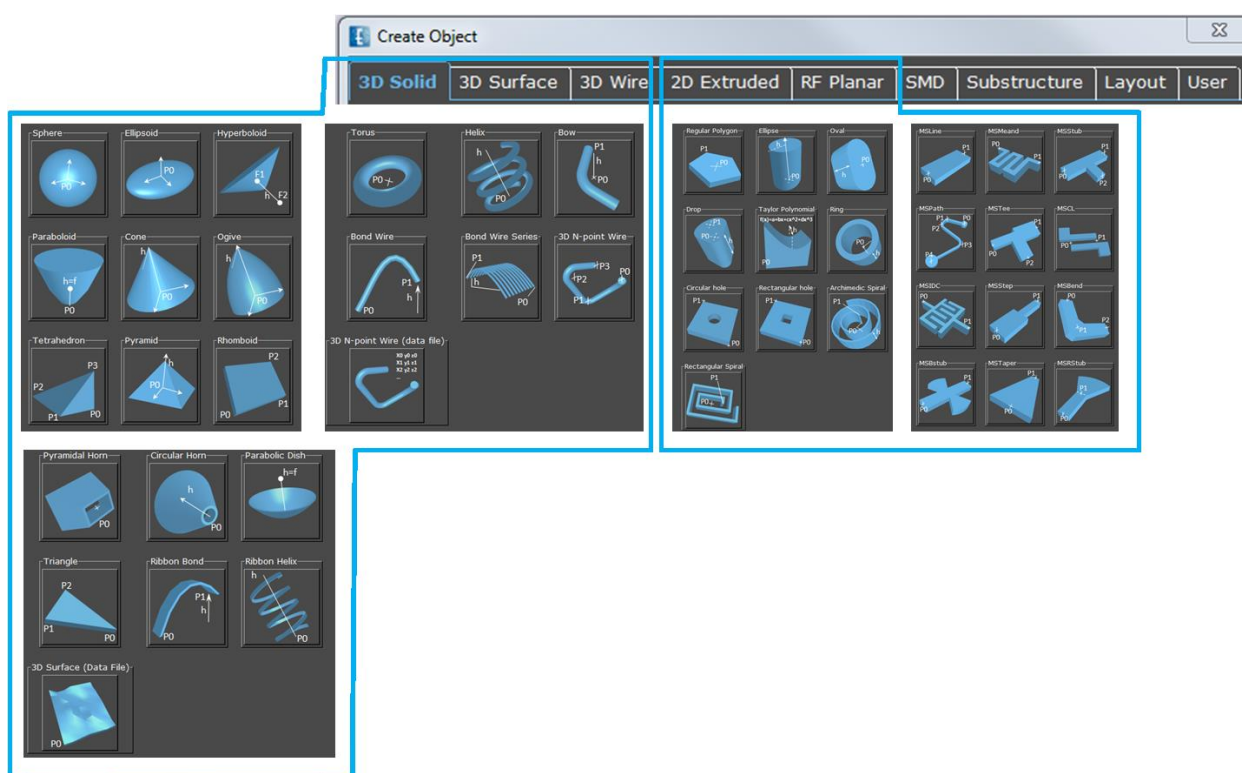


Рис 4.3: Внешний вид некоторых объектов в библиотеке

После создания, все объекты доступны в списке **Component**, и их свойства могут редактироваться. Они могут быть модифицированы, например для выравнивания координат, или для добавления параметров (например, $r=100+x$). Путем протягивания мышью над элементами списка, соответствующий объект может быть подсвечен. Нажатием левой кнопки мыши на одном из элементов списка, объект может быть выбран для дальнейших операций.

4.1.3 Операции

Панель операций отображает доступные возможные операции. Если ничего не выбрано, видимы только кнопки, показанные ниже (Рис. 4.4). Кнопки, которые нужны чаще других, объединены в ряд, и разделены в соответствии с разной функциональностью. Более продвинутые операции могут быть доступны через кнопку **Advanced**.

После нажатия на одну из этих кнопок, возникает диалоговое окно на левой стороне, которое запрашивает ввод точек, векторов, чисел, и т.д. для завершения выбранной операции. В то же время все текущие операции доступны в контекстном меню, путем нажатия правой кнопки мыши поверх области рисования.

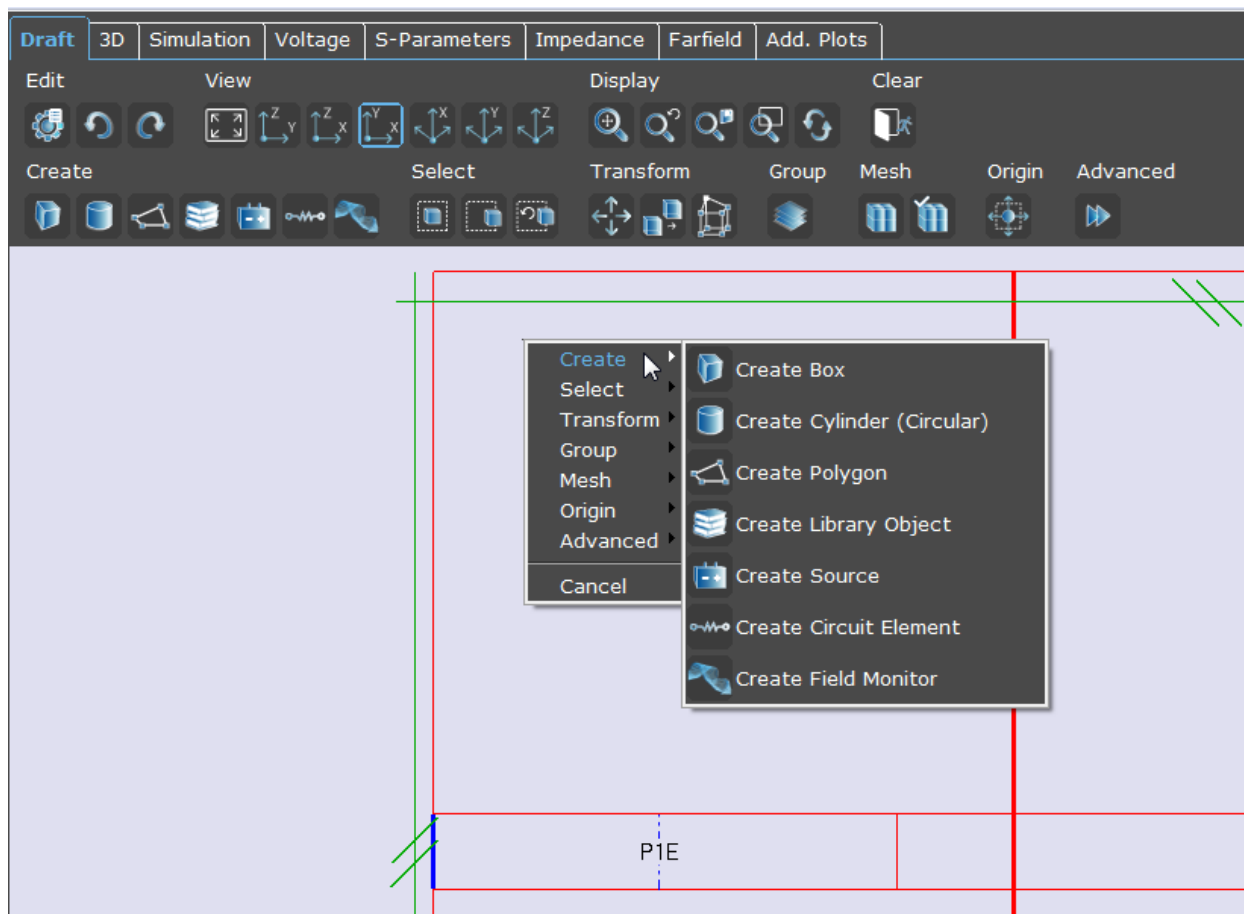


Рис 4.4: Панель управления

Тип кнопок или функциональность, содержащаяся в панелях инструментов, зависит от текущего выбора. Если, например, был выбран бокс, панель операций меняет свой вид так, как это показано ниже. Как объяснялось ранее, кнопки для наиболее важных действий показаны в ряду, в то время как более продвинутые операции могут быть доступны через кнопку **Advanced**.



Рис. 4.5: Панель инструментов после выбора бокса

Для всех операций имеется он-лайн подсказка на английском языке, которая может быть активирована перемещением курсора на одну из кнопок и нажатием правой кнопки мыши (Рис. 4.6). В этом случае возникает краткое описание соответствующей операции.

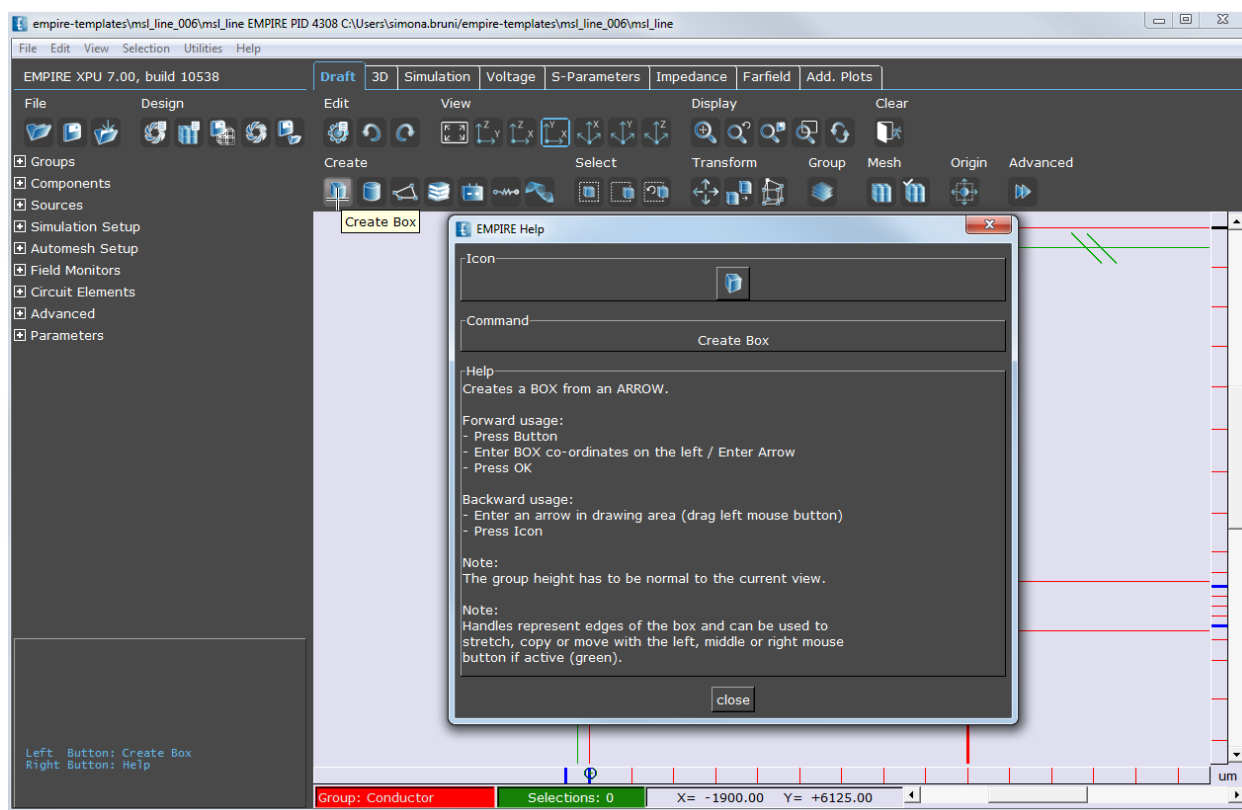


Рис. 4.6: Окно он-лайн подсказки

Некоторые операции, такие как перемещение, копирование или растяжение, могут быть выполнены с помощью ввода данных мышью. Когда выбраны объекты (удерживая левую кнопку мыши), отображается информационное окно, показывающее тип объекта (Box), свойство объекта (диэлектрик...) и имя группы объекта (Substrate).

После того как кнопка мыши отпущена, объект остается подсвеченным, и видны квадратные точки, которые представляют вершины полигонов или ребра боксов. Невыбранные точки (красные) могут быть активизированы (цвет поменяется на зеленый) нажатием на них левой кнопкой мыши. Перемещением курсора на одну из зеленых точек могут быть произведены следующие действия в области рисования:

- stretch – растянуть активные точки (нажмите и потяните левой кнопкой мыши)
- copy – скопировать объект (нажмите и потяните средней кнопкой мыши)
- move – переместить объект (нажмите и потяните правой кнопкой мыши)

Кроме того, точки могут быть добавлены, заменены или удалены.

Подсказка

Горячие клавиши

- z/вектор: zoom extends/region – выделить область / регион
- u: undo – отменить операцию
- r: redo – повторить операцию
- p вектор: select overlapping – выбрать перекрывающиеся объекты
- e вектор: select enclosed – выбрать объекты внутри
- Ctrl a: Select all – выбрать все
- Ctrl x: Cut to clipboard – вырезать в буфер
- Ctrl c: Copy to clipboard – скопировать в буфер
- Ctrl v: Paste from clipboard – вставить из буфера

4.2 Определение порта

После определения объектов, должны быть определены порты и воздействия. В большинстве случаев структура получает воздействие от сосредоточенных портов или питающих линий с заданным характеристическим импедансом. На портах записываются последовательности значений напряжения и тока в то время как структура подвергается воздействию импульса. Для того чтобы установить эти порты, доступна библиотека заранее определенных портов. Как типовые линии передачи, так и сосредоточенные порты могут быть выбраны в **Library Wizard** или списке **Components**

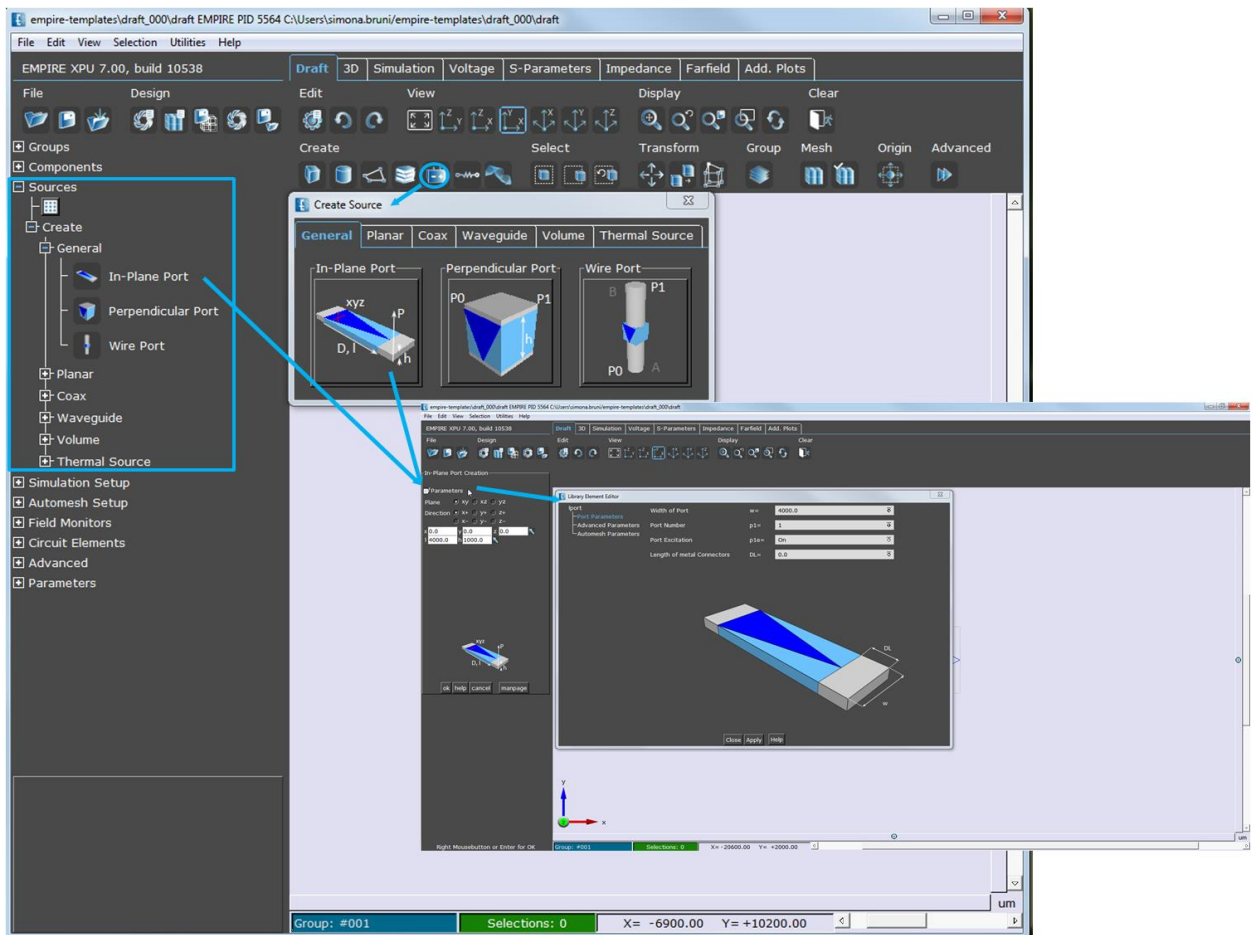


Рис 4.7: Пример определения порта

После выбора одного из портов, слева появляется окно настроек. Сначала должны быть определены поперечное и продольное направление. Параметры порта, такие как номер, возбуждение включения и выключения, геометрия, тип порта, импеданс, задержка по времени, и т.д. могут быть введены нажатием Edit Parameters. Затем должны быть выравнены начальная и конечная координаты, путем определения стартовой точки, длины и высоты на чертеже. (В случае Перпендикулярного Порта эти точки относятся к сечению структуры).

Подсказка

Порты полосковые (Stripline), MSL и CPW должны быть определены на слое со свойствами «проводящий» (conducting). Диэлектрические и земляные планы должны быть определены отдельно.

4.2.1 Типы портов

Концентрированные Порты (Concentrated)

Опорный план порта представлен пунктирной синей линией. Он расположен на определенном расстоянии от возбуждающего источника (отмеченного крестом). Линия терминирована плоским резистором. Падающая и отраженная волны рассчитываются с использованием номинального импеданса. (Рекомендовано для закрытых структур и общего применения)

Поглощающие порты / Согласованные (Absorbing /Matched)

Питающие линии расширяются до границ, где должны быть применены Граничные Условия Поглощения (Absorbing Boundary Conditions). Источник симулируется отдельно, так что падающая и отраженная волны могут быть рассчитаны без использования импеданса линии. (Рекомендовано, если импеданс линии неизвестен.)

Калиброванные порты (Calibrated)

И сосредоточенный, и поглощающий порты могут быть установлены в состояние калиброванного порта, на котором опорный план может быть сдвинут в произвольное положение. Падающая и отраженная волны рассчитываются с помощью импеданса линии и эффективной диэлектрической проницаемости.

Сосредоточенные порты (Lumped)

Сосредоточенные порты не могут быть использованы на открытых границах. Порт состоит из источника тока с параллельной нагрузкой. Падающая и отраженная волны рассчитываются с использованием номинального импеданса. (Рекомендовано, если участки питающих линий незначительны)

Подсказка

- Направление портов должно совпадать с одной из основных осей, за исключением Проводных Портов (Wire Ports). Сосредоточенные порты не могут быть расположены на границе.
- Поглощающий порт должен быть расположен на границе.
- Порты состоят из блока напряжения и блока тока, которые записывают сигналы во времени, и нагрузку или импеданс порта (в случае сосредоточенного порта).
- Если порт возбуждается, к порту добавляется источник в форме блока возбуждения, параллельного нагрузке.
- Базовые элементы порта могут быть отображены с помощью выбора порта и нажатия иконки Explode Library Element.

5 Моделирование и результаты

После настройки структуры, могут быть подстроены некоторые параметры моделирования. Для проверки дискретной структуры может быть запущена процедура автоматического разбиения сетки, и результат визуализирован в 3D-виде. Нажатием кнопки Simulation структура будет проверена, дискретизирована и скомпилирована.

Когда начинается симуляция, отображается последовательность изменений напряжений. Как только заданные критерии окончания симуляции достигнуты, выполняется частотное преобразование и становятся доступными S-параметры и другие результаты. Если были определены блоки записи полей, их результаты теперь тоже могут быть визуализированы путем переключения в режим 3D, и проконтролированы в мониторах поля (Field monitors). Эти последние шаги моделирования описаны в данном разделе.

5.1 Установить параметры симуляции и сетки

Когда EMPIRE XPU™ запускается, большинство глобальных параметров моделирования уже введены или заданы в проекте, который был открыт. До запуска моделирования, надо отрегулировать эти параметры.

5.1.1 Установка параметров моделирования

Параметры моделирования, которые были введены в начале, могут быть отредактированы в списке Simulation Setup в дереве навигации, или нажатием кнопки Simulation Set Up.

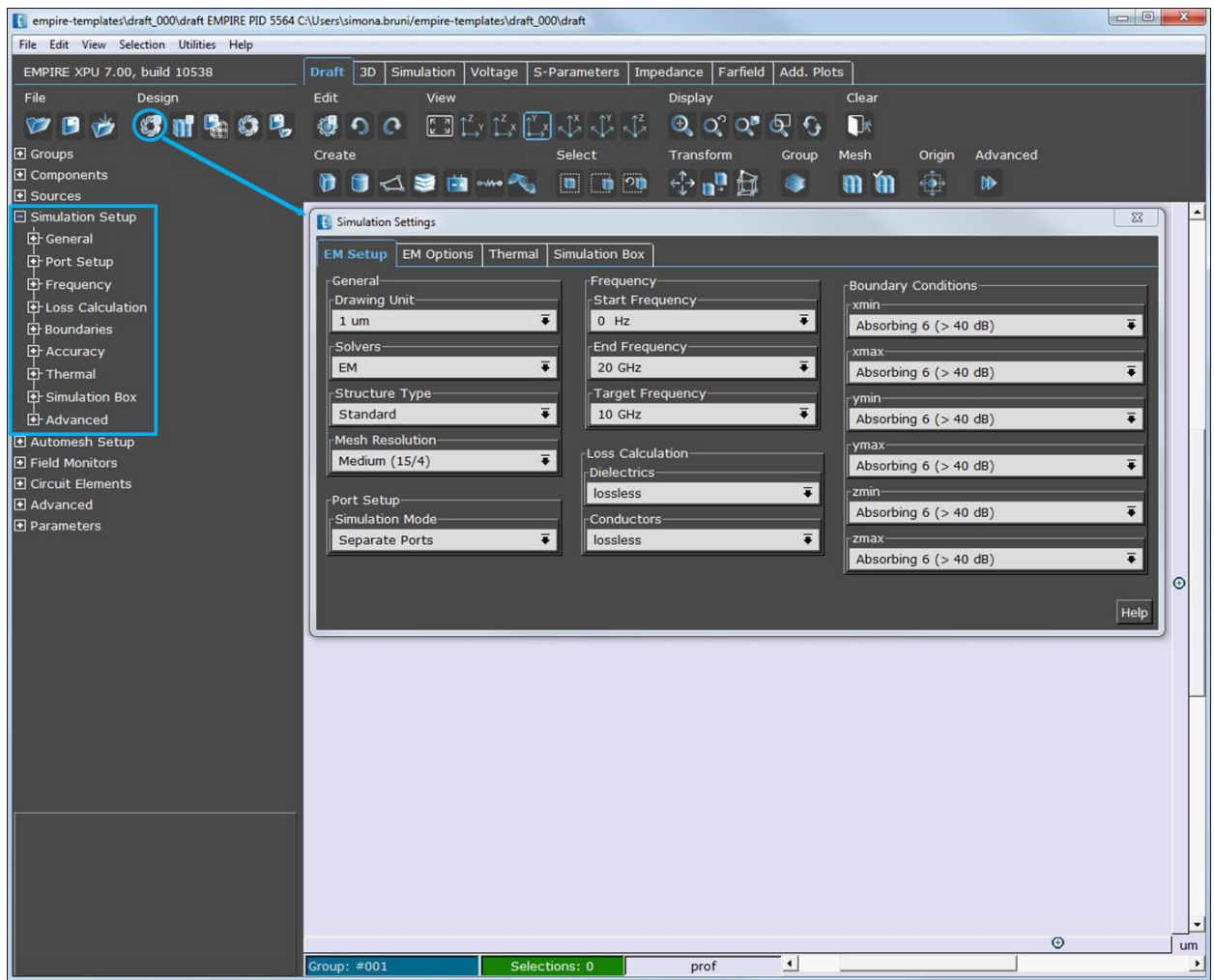


Рис. 5.1: Настройка параметров моделирования - Simulation Parameter Set Up

Frequency – частота, введенная тут, используется для ДПФ, применяемого к результатам во временной области. Верхний предел конечной частоты определяет верхний предел размера ячейки (например, $d_{max} < \lambda_{min}/10$)

Mesh Resolution – разрешение сетки определяет точность разбиения. Если оно, например, установлено как Среднее (Medium), то есть 15/4, число 15 определяет как минимум 15 ячеек на минимальную длину волны, и минимум 4 ячейки используются для разбиения объектов.

Если в структуре есть проводниковые или диэлектрические объекты, они по умолчанию рассматриваются как объекты без потерь. Другие трактовки потерь могут быть подкорректированы здесь, в секции **Loss Calculation**.

Accuracy – параметры точности (в EM Option для окна Simulation Setting) управляют количеством энергии, остающейся внутри структуры, когда моделирование завершено.

Boundary Conditions – граничные условия, могут быть независимо заданы для шести сторон области моделирования.

- **Electric Tangential:** электрическое поле принудительно задается равным нулю на самой внешней линии сетки. Используется для земляных планов (без потерь), металлических корпусов, или симметричных планов.
- **Magnetic Tangential:** магнитное поле принудительно задается равным нулю в середине самой внешней ячейки. Используется для обрезания области моделирования, если излучением на границах можно пренебречь. Также может быть использовано как симметричный план.
- **Absorbing n:** излучающие границы с n идеально согласованных слоев.
- Когда число слоев увеличивается, отражения от границ уменьшаются, но скорость моделирования падает. Эти согласованные слои размещаются снаружи области моделирования.
- **Absorbing n add. space:** излучающие границы с n идеально согласованных слоев, с дополнительным пространством вокруг структуры.
- **Absorbing sheet:** на границе размещен лист 377, который абсорбирует излучение, которое направлено по нормали к границе. Используется для остронаправленного излучения или для подавления режима внутрибоксовых резонансов в моделировании.

5.1.2 Настройка параметров разбиения

Еще одна важная процедура для настройки структуры – это определение или подстройка разбиения в соответствии с введенной геометрией и портами.

Генерация сетки разбиения может быть выполнена вручную или автоматически, путем задания разных параметров в секции **Mode**. Рекомендуется генерировать разбиение с помощью функции **Automatic Discretization**. Для этого, можно подстроить несколько параметров с помощью навигационного дерева или кнопки **Set Up mesh** (Рис. 5.2).

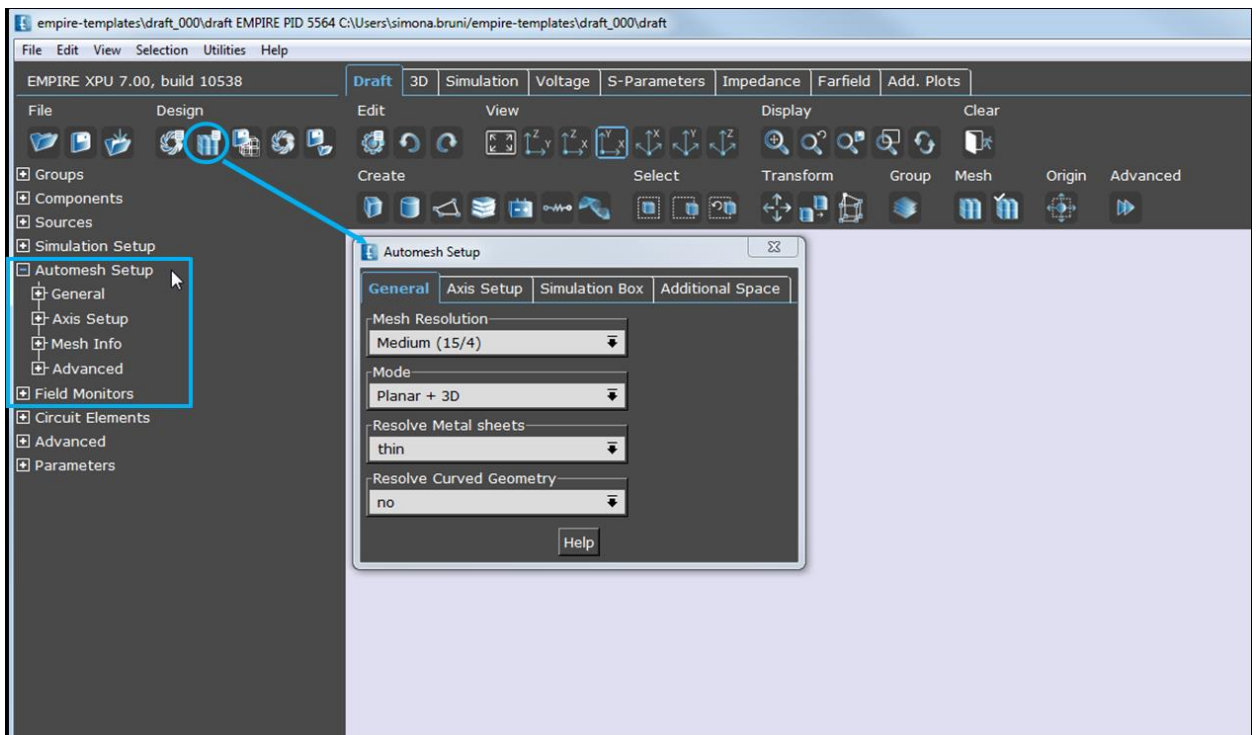


Рис. 5.2: Настройка параметров разбиения

Автоматическое разбиение создает подходящую сетку для введенной структуры. Оно может быть использовано в любой момент, например, для проверки сетки текущей структуры, и выполняется автоматически перед запуском моделирования. Автоматическое разбиение также определяет границы области моделирования путем обнаружения границ объектов и следуя определенным правилам, идущим из определения дальнего поля, отклика на возбуждение, размера порта, и т.д. Самые внешние линии сетки определяют границы структуры, которые сохраняются неизменными или расширяются при необходимости.

Если границы должны быть перемещены, сначала надо удалить сетку.

Наиболее важные параметры для настройки авторазбиения содержатся в секции **General**. В поле **Mesh Resolution** задается точность разбиения, в соответствии с таблицей 5.1.

Разрешение	Количество ячеек на длину волны	Количество ячеек на объекты
Very coarse	8	3
Coarse	10	3
Medium	15	4
Fine	20	5
Very Fine	25	6
Very Fine 2	28	7
Very Fine 3	31	8
Very Fine 4	34	9

Таблица 5.1: Точность разбиения

В секции **Mode** могут быть оптимизированы алгоритмы, в зависимости от информации о типах объектов (в основном они планарные или в основном объемные).

Доступные опции:

- Planar + 3D: сетка будет оптимизирована и для планарных, и для структур 3D.
- Планарный план по умолчанию предполагается как полигон, расположенный в плоскости X-Y, но может быть установлен по-другому в меню опций.
- Planar: линии сетки будут предпочтительными для планарной структуры, то есть линии сетки, соответствующие правилу одной трети, будут иметь преимущество над линиями общей сетки для 3D-объектов.
- 3D: предполагается наличие только 3D-объектов, и не будет производиться никакой оптимизации для плоских слоев металла.
- User defined (определенная пользователем): только в случае, если этот режим активирован, могут быть подстроены некоторые параметры алгоритма автоматического разбиения в меню Automesh Setup Advanced - User Setup.
- Manual (ручное): этот режим используется для отключения алгоритма автоматического разбиения и для того, чтобы задать сетку вручную.

В секции **Resolve Metal sheets** задается разбиение для металлического листа, следующим образом:

- Thin (тонкая), металлизация будет разбита одной линией сетки.
- 1 cell (ячейка), металлизация будет разбита двумя линиями сетки с расстоянием между ними, равным толщине металла.

Вторая опция должна быть использована только если токи на верхней и нижней поверхности полосковой линии существенно различаются.

Если секция **Resolve curved Geometry** установлена в **Yes**, разрешение сетки увеличивается в областях со скругленными геометриями.

В секции **Axis Setup** можно задать эквидистантное разбиение или способ разбиения отдельно для каждой оси.

5.2 Задание мониторов поля

По умолчанию EMPIRE XPU™ показывает S-параметры и импеданс, а если должны быть сгенерированы графики ближнего поля или диаграммы излучения, они могут быть заданы в секции **Field Monitors** в дереве навигации, или нажатием кнопки **Create Field Monitor** в панели инструментов (Рис.5.3).

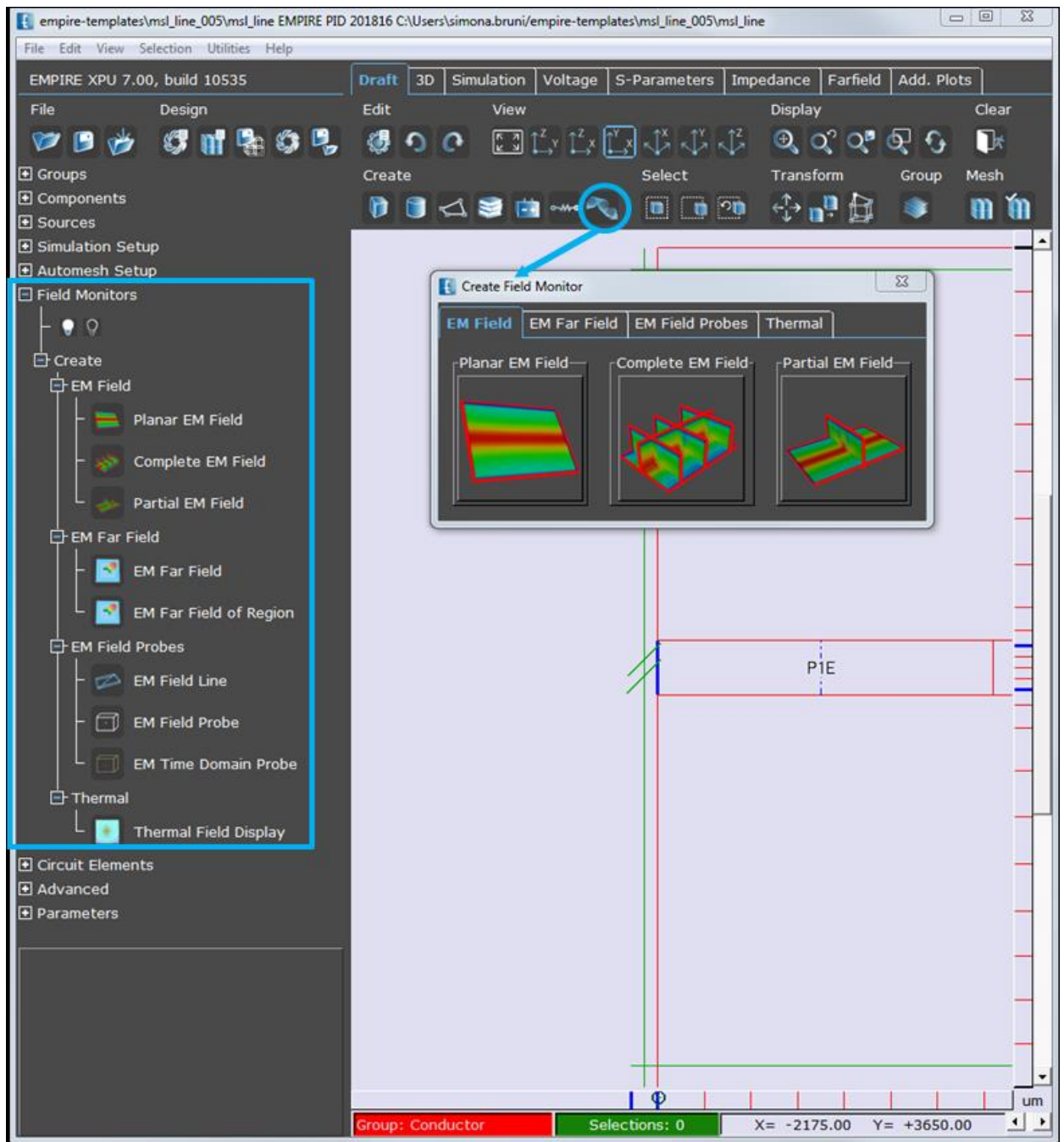


Рис. 5.3: Мониторы поля

В секции **EM Display** ближние поля записываются в заданную область и могут быть отображены во вкладке **3D display** вместе со структурой.

- **Planar EM Field**: определяет план для хранения и отображения поля. Его позиция будет выравнена к ближайшей подходящей линии сетки. Этот монитор отображает только поле **E** или **H**.

- Complete EM Field: определяет хранение результатов для всей области моделирования (требует очень больших ресурсов памяти). Для отображения, могут быть заданы несколько планов, которые можно двигать с помощью рукоятки-слайдера.
- Partial EM Field: определяет объем, который может быть ограничен пользователем. Для отображения могут быть заданы несколько планов, которые могут передвигаться с помощью рукоятки-слайдера.

В секции **EM Far field** ближние поля записываются в бокс (поверхность Гюйгенса), заданный границами или определенный пользователем. Дальние поля могут быть получены при пост-обработке с помощью трансформации, которая требует однородного пространства вокруг всей этой поверхности. Если используется этот монитор, алгоритм разбиения автоматически добавляет дополнительное пространство вокруг структуры.

металл) распространяются до границы, это может привести к «нефизическим» результатам и предупреждениям.

Есть две опции создания монитора дальнего поля:

- EM Far Field: использовать границы как поверхность Гюйгенса.
- EM Far Field of Region: определить поверхность Гюйгенса с помощью бокса.

Рисунок дальнего поля может быть отображен во вкладке 3D (вместе со структурой) или построен во вкладке Far field в Tabs Menu, если заданы углы обрезки дальнего поля.

В секции **EM Probes**, ближние поля записываются в заданных точках или вдоль заданных линий, и могут быть отображены с помощью графического ядра.

- EM Field Line: задает линию через 2 точки (Point 0 и Point 1) для хранения информации о поле в частотной области. В целях усреднения для записи используется объем, который больше по размеру по крайней мере на 2 ячейки в каждом направлении.
- EM Field Probe определяет точку для хранения поля в частотной области. В целях усреднения для записи используется объем, который больше по размеру по крайней мере на 2 ячейки в каждом направлении.
- EM Time Domain Probe определяет точку для хранения поля во временной области.

В **Thermal** всегда сохраняется распределение температур для полного объема.

После моделирования можно выбрать сечение отображения (plane) с помощью слайдера на боковом меню. Можно добавлять дополнительные сечения для отображения.

5.2.1 Настройка ближнего и дальнего поля

Параметры для записи ближнего и дальнего поля очень похожи (рисунки 5.4–5.5). Более того, количество точек в частотной области или шагов во временной области, используемое для записи, должно быть тщательно выбрано, т.к. это будет влиять на количество памяти, используемое во время моделирования. Можно задать одиночные точки в частотной области или последовательность эквидистантных частотных точек.

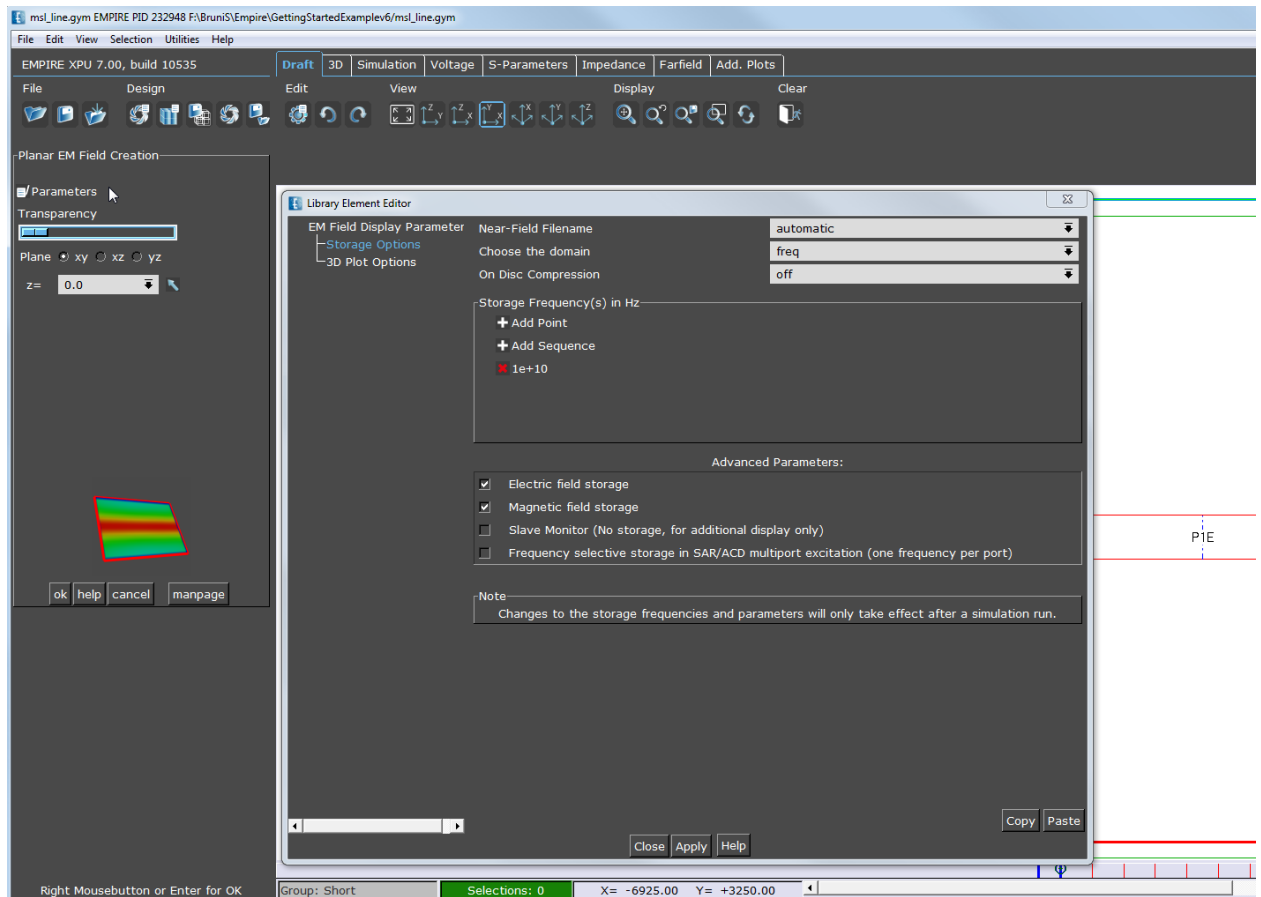


Рисунок 5.4: Окно настройки ближнего поля - Near Field Setup Window

По умолчанию вычисление дальнего поля будет производиться как направленный срез 2D в сечении xz -plane ($\phi = 0^\circ$), yz -plane ($\phi = 90^\circ$) и как изображение 3D с шагом угла θ равным 5° .

Другие результаты или опции могут быть получены с помощью корректировки параметров в секциях настройки FF Setup 3, 4, 5.

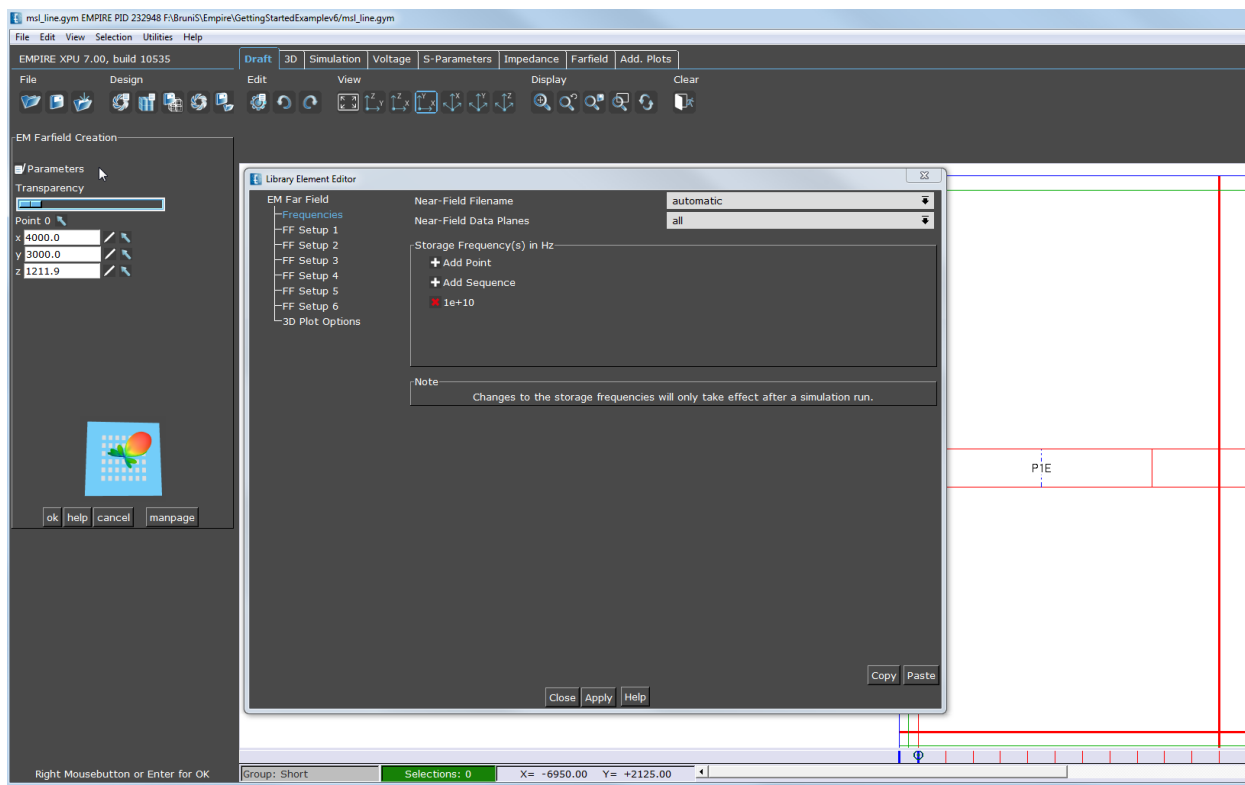


Рисунок 5.5: Окно настройки дальнего поля - Far Field Setup Window

Подсказка

Запись дальнего поля: Важнейшим правилом является обеспечение расстояния по крайней мере в $\lambda_{max}/16$ между радиатором и границей.

5.3 Проверка структуры и сетки

Перед запуском моделирования можно выполнить несколько простых проверок, которые помогут предотвратить необходимость длительных наладок процесса.

- Проверьте группы. Все группы должны иметь по крайней мере одно свойство. Если назначено более чем одно свойство, они не должны конфликтовать.
- Проверьте, что все объекты размещены в корректных группах. Это можно легко проверить, проведя курсор над названием группы, что будет подсвечивать объекты в соответствующей группе.
- Переключитесь в режим отображения 3D Display. Проверьте, что все Объекты имеют корректные размеры и располагаются корректно.

- Проверьте нумерацию портов. Каждый порт должен иметь уникальный номер, если только вы не собираетесь подавать на них множественные возбуждения.
- Проверьте возбуждение порта. Если для N независимых портов задано $\text{Excitation} = \text{On}$, по умолчанию будет выполнено N последовательных циклов моделирования.
- Проверьте параметры Simulation Setup, в частности, относительно граничных условий для текущей структуры.
- Запустите Automeshing и посмотрите на дискретную структуру в режиме 3D. В частности, поищите непредусмотренные закоротки или зазоры между проводниками.
- Нажмите Save & Compile. Проверьте информацию о портах, сетке и объектах.

После проверки структуры, с помощью нажатия кнопки **Save&Compile** структура будет проверена, дискретизована и скомпилирована. С помощью открытия окна Start Simulation (Рис. 5.6) и нажатия Simulation, будет запущено моделирование.

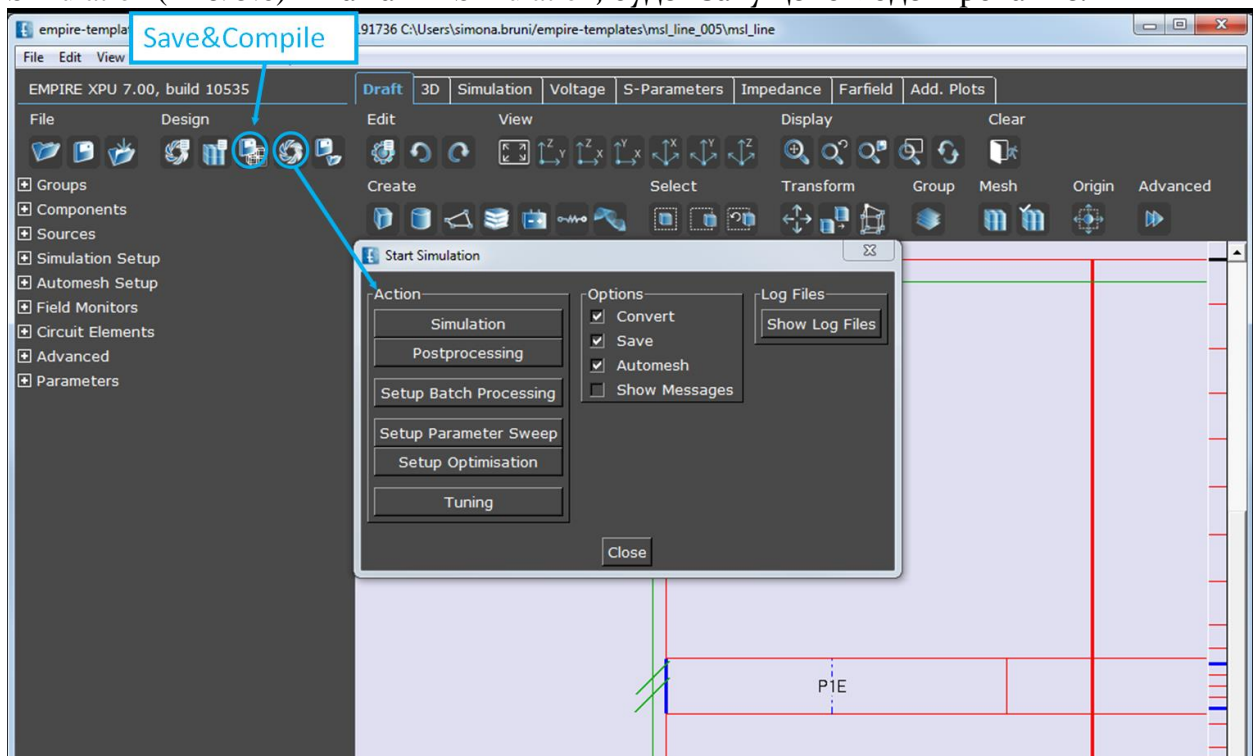


Рисунок 5.6: Окно запуска моделирования - Start Simulation window

5.4 Результаты во временной области

Действие **Start Simulation** выполняет автоматическое разбиение, обнаружение встроенного процессора и он-лайн компиляцию структуры, решение дискретных уравнений Максвелла до тех пор, пока моделирование не будет завершено,

и вычисление параметров в частотной области для заданного диапазона частот. Статус моделирования отображается в мониторе прогресса выполнения внизу слева (окно Помощи и прогресса выполнения на Рис.1).

Для продвинутых пользователей, подробности о процессе моделирования могут быть найдены во вкладке **Simulation** (в окне отчета Log window), где будут отображены производительность, прогресс и ожидаемая длительность моделирования (Рис. 5.7).

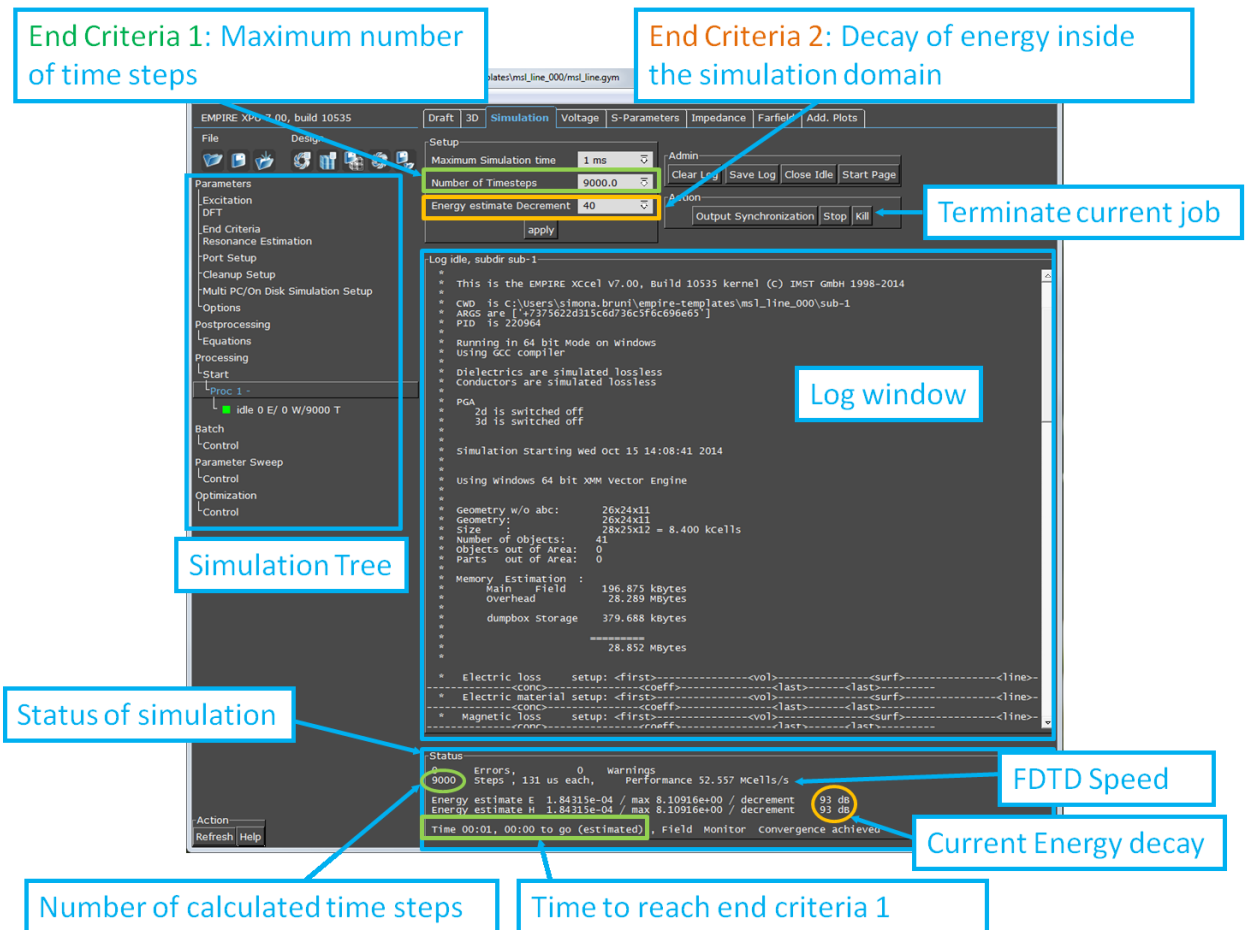


Рисунок 5.7: Вкладка моделирования Simulation и окно отчета Log Window

По умолчанию выполняется Дискретное Преобразование Фурье (ДПФ) от частоты Start до частоты End с количеством точек по частоте равным 200. Если число точек должно быть увеличено, или частотный диапазон должен быть уменьшен (например, для увеличения частотного разрешения), это можно сделать без выполнения нового моделирования, в дереве Simulation Tree в пункте 5.7 - Excitation DFT.

В этом дереве Simulation tree, продвинутые пользователи могут выполнить следующие задачи пост-процессинга:

- поменять порядок предсказания резонансов, например, для структур с очень высокой добротностью Q
- поменять параметры импедансов портов, например, для не-50 омных терминаций.

- задать пользовательские уравнения, например, для вычисления потерь, Q-фактора, ...
- де-эмбединг для сдвигов опорных слоев
- задать нестандартные настройки для вычисления дальнего поля
- Также можно выполнить нестандартное моделирование, такое как:
- заданные пользователем формы импульсов, например, линейный импульс для анализа целостности сигналов SI
- пакетный режим для планирования заданий или удаленной обработки
- оптимизацию и свипирование (качение) параметров
- моделирование с поддержкой кластеров и HDD

Подсказка

Максимальное число шагов по времени и затухание (?decay) энергии могут подстраиваться во время моделирования. Более того, сигналы во временной области также могут быть скорректированы и опробованы во время моделирования.

После и даже во время выполнения моделирования, могут быть отображены диаграммы напряжений с помощью режима отображения **Voltage** (Рис. 5.8). Тип графика и формат могут быть выбраны слева в окне 2D Graph Setup.

В списке файлов результаты, представленные в папке sub-1, показаны в виде таблицы в соответствии с выбранным типом Type. Путем нажатия кнопки Add Data File, пользователь может загрузить данные измерений или результаты из других источников или проектов моделирования.

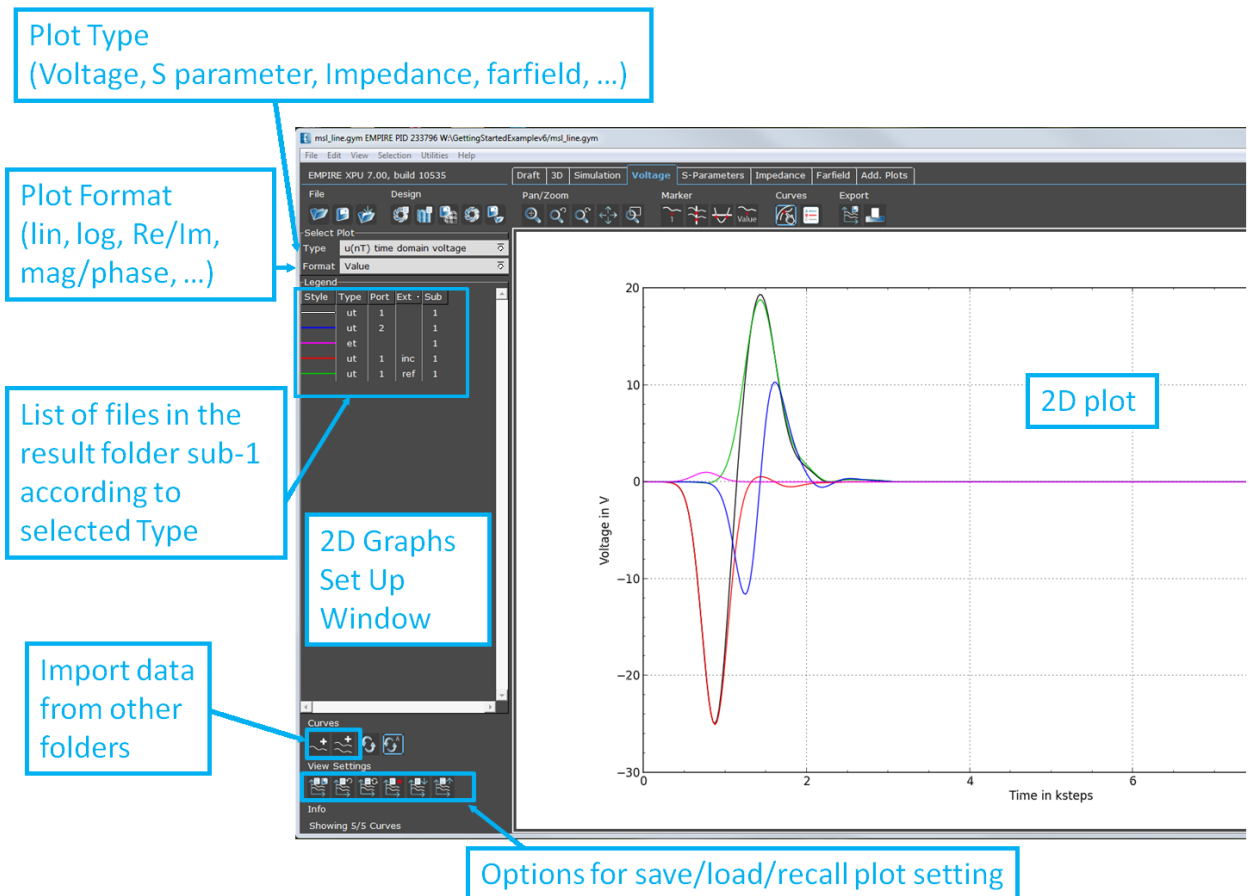


Рисунок 5.8: Диаграммы во временной области - Time Domain Voltage Graph

5.5 Результаты в частотной области

После моделирования выполняется Дискретное Преобразование Фурье (ДПФ) для сигналов во временной области, и вычисляются параметры в частотной области. По умолчанию, будут отображаться S-параметры и Импедансы.

В нижней строке меню вкладок имеются опции для изменения режима просмотра (приблизить, панорамировать, автомасштабировать), для задания маркеров и для сохранения результатов в файл. Некоторые настройки диаграмм также могут быть скорректированы в окне Plot Setting, которое появляется при клике правой кнопки мыши на диаграммах.

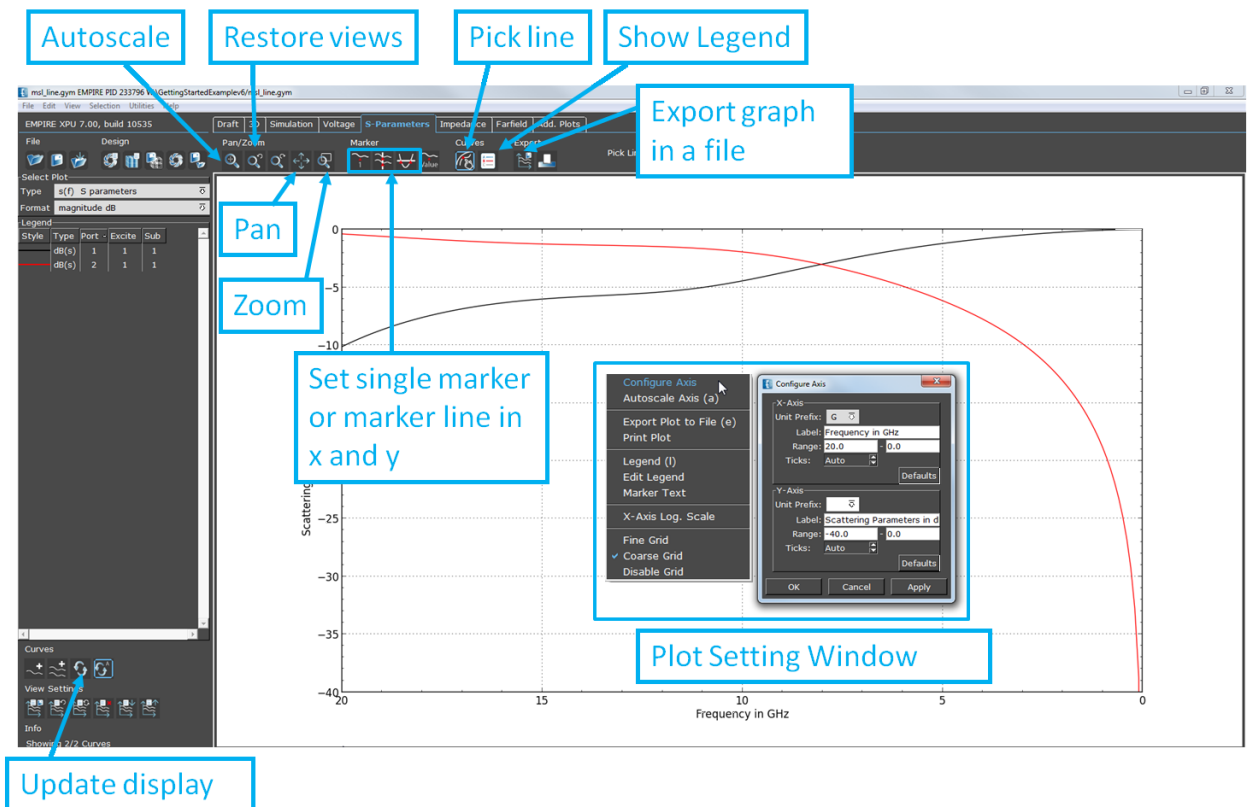


Рисунок 5.9: Параметры распространения - Scattering Parameters

5.6 Анимация ближнего поля

Записанные ближние поля отображаются во вкладке 3D View, и настройки отображения могут быть заданы в окне 3D Plot Option, которое можно найти в Near Field Monitor.

В зависимости от типа монитора поля (Field Monitor type), сечение может быть выбрано и установлено с помощью слайдеров.

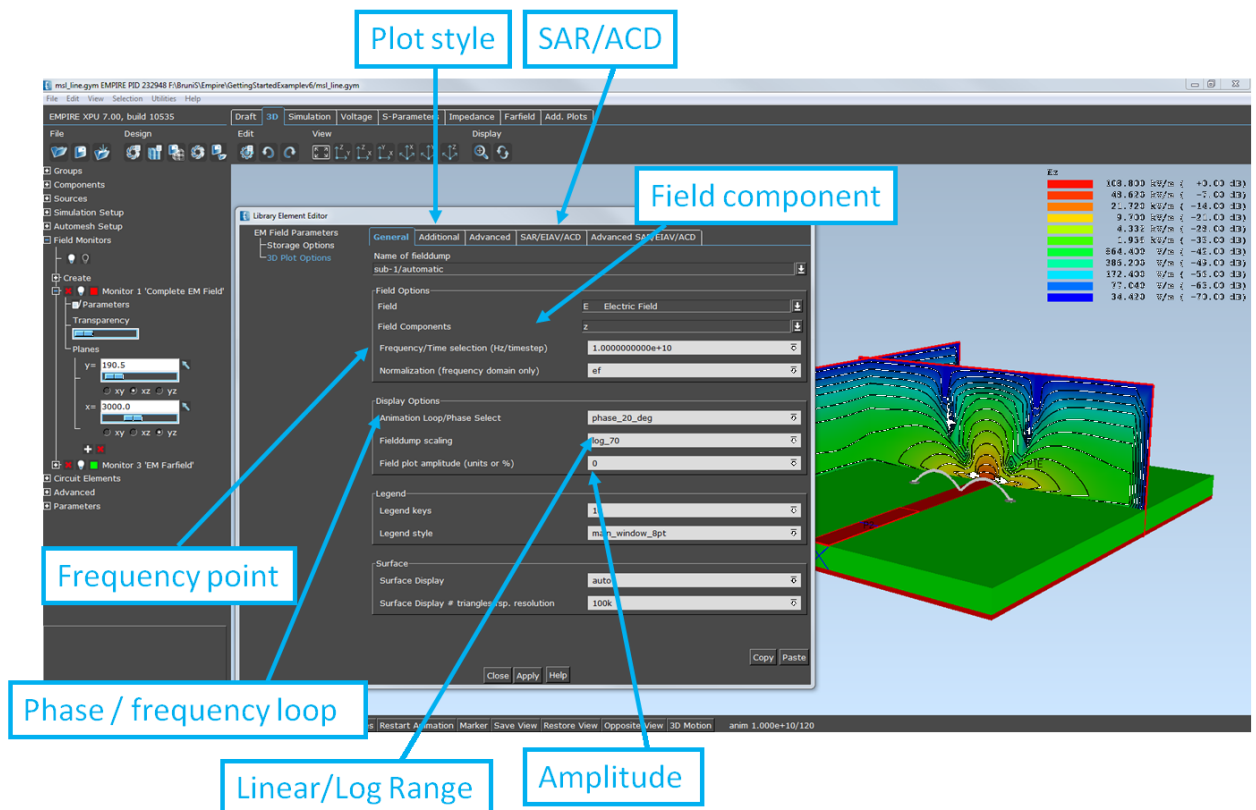


Рисунок 5.10: Диаграмма ближнего поля 3D - Near Field 3D Plot

5.7 Анимация дальнего поля

Записанные дальние поля 3D отображаются в окне 3D View (Рис. 5.11), и настройки отображения дальних полей могут быть определены в окне EM Far Field Monitor, под заголовком Display. Можно отобразить как 2D, так и 3D изображения излучений. Если диаграммы вычислены для множества частот, или доступны диаграммы круговых поляризаций, эти диаграммы могут быть анимированы в частотных или фазовых циклах.

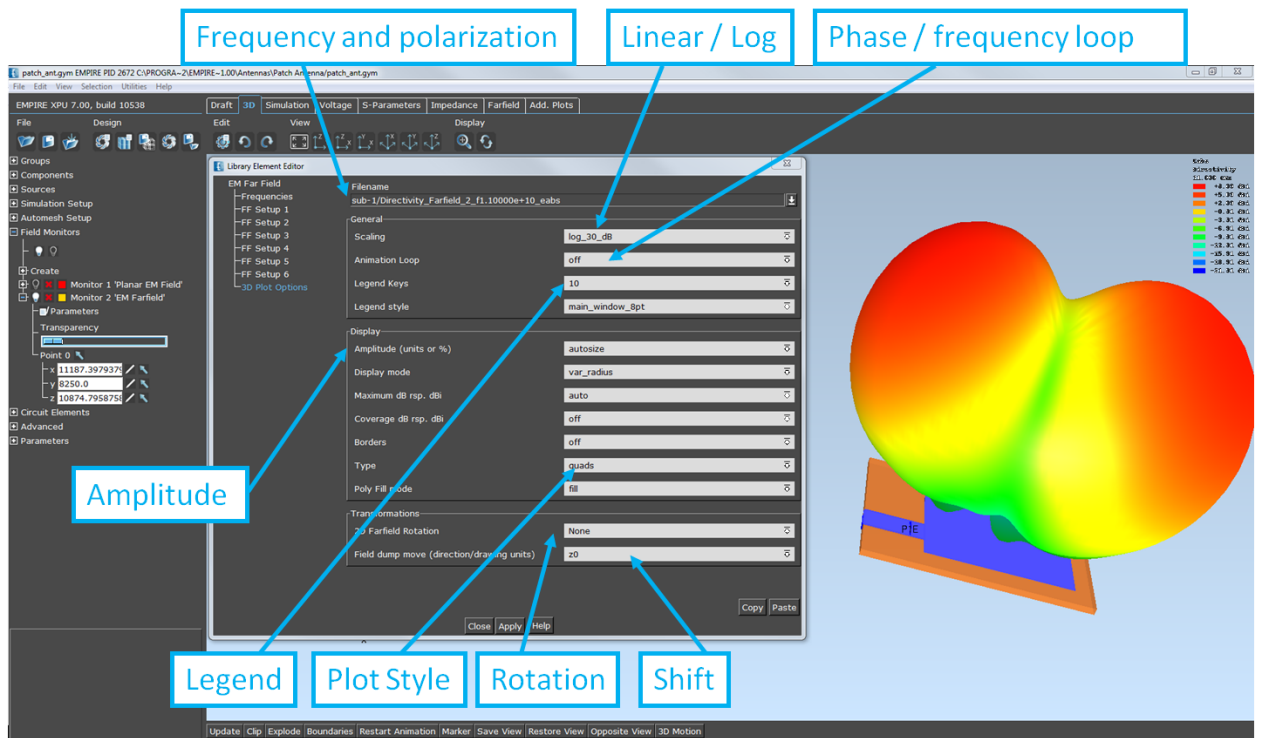


Рисунок 5.11: График дальнего поля 3D - Far Field 3D Plot

Если вычислены диаграммы дальнего поля, они будут показаны в окне Filename, и могут быть выбраны для отображения. Размах изображения должен быть задан в единицах, и должен быть выбран в соответствии с уровнем размера структуры, для того чтобы его можно было увидеть. График может быть сдвинут относительно структуры с помощью опции сдвига Move, например, x1000 сдвигает график на 1000 единиц в направлении x. Стиль отображения и настройки меток похожи на опции настройки ближнего поля. Для диаграмм 2D опция трансформации (transformation option) может быть использована для подстройки требуемой ориентации диаграммы.

6 Поиск дополнительной информации

Мануал

Более детальное и полное описание программы EMPIRE XPU™ доступно на диске в папке CD/manual/ или через меню Help.

Учебники

Для эффективного изучения программы, в меню запуска доступны несколько пошаговых учебников (tutorials).

Руководство по портам

Дополнительные документы, объясняющие функционал портов и их применение в EMPIRE, доступны в папке CD/Port Guide/.

Поддержка по Email

Во время периода ознакомления пользователь может посылать специфические вопросы напрямую в службу поддержки empire.support@imst.de. Команда поддержки Empire Support Team опирается на очень опытных СВЧ-разработчиков, программистов и высоко образованных специалистов по ЭМ моделированию. Обычно помощь доступна в течение 24 часов по рабочим дням (Германии). Локальные команды поддержки обучены командой EMPIRE и доступны для поддержки на языке страны проживания и без сдвига по времени. В случае проблем с моделированием пользователь должен выслать Version и Build number, а также следующие файлы, чтобы проблему можно было оттрассировать:

- .gym: EMPIRE XPU™ входной файл
- .log: Файлы логов, расположенные в корневой папке и подпапках