

Обмен данными между ПО *Altium* для проектирования электроники и машиностроительными САПР применительно к приборостроению

Евгений Кондратьев, Павел Демидов, технические специалисты *Altium Limited*

Введение

Современные изделия электроники, как правило, включают в себя электронные модули, элементы конструкции и встроенное программное обеспечение. При этом груз постоянного роста сложности функционирования этих изделий, лежащий на плечах разработчиков, усиливается одновременным требованием сокращения сроков выхода на рынок. Основным этапом, за счет которого возможно ускорить создание изделия, является этап проектирования. Сжатые сроки заставляют проектировщиков различных специализаций (электрическая и механическая часть изделия) взаимодействовать между собой более эффективно. Но на пути к эффективному взаимодействию инженеров смежных областей существует ряд сложностей (рис. 1) [1]. Наиболее значимой из них является проблема эффективной совместной работы проектировщиков механической и электронной частей изделия с точки зрения обмена электронными конструкторскими данными и прозрачности управления этим процессом.

Для успешного взаимодействия надо не только быстро и безошибочно передавать данные между системами *ECAD* и *MCAD*, но также иметь четкое представление об этих данных и корректно управлять ими. В связи с этим возникает необходимость обеспечить эффективный обмен данными между системами автоматизированного проектирования (САПР) электронной и механической частей изделия (*ECAD* и *MCAD* соответственно).

Проблема интеграции систем *ECAD* и *MCAD* существует достаточно давно. На протяжении многих лет предпринималось множество попыток сблизить эти два мира проектирования. В этой статье будут рассмотрены механизмы обмена данными между ПО *Altium*, предназначенным для проектирования изделий электроники на основе печатных плат (*Altium Designer* и *Altium NEXUS*) и машиностроительными САПР.

Обзор технологий обмена данными

При работе над проектом, включающим как электрическую, так и механическую части, одной из основных задач является воспроизведение

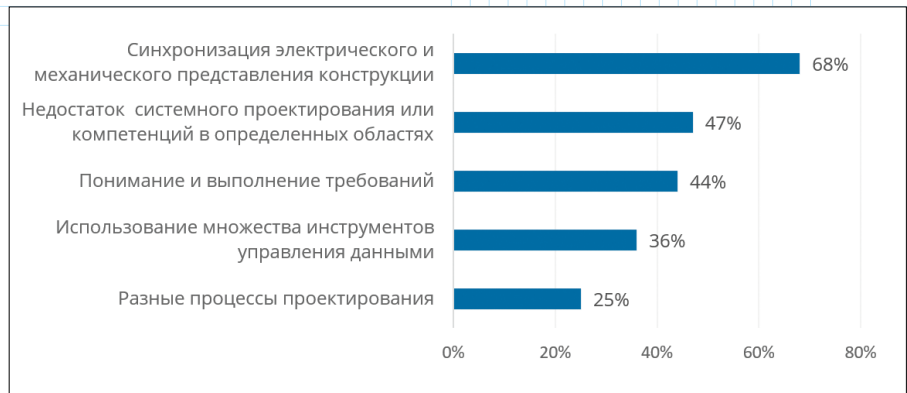


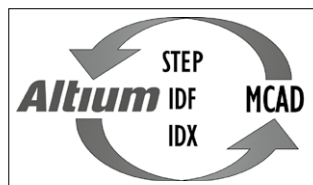
Рис. 1. Сложности совместного проектирования изделий электроники

в среде *MCAD*, с необходимой степенью детализации, геометрической модели печатного узла – то есть печатной платы (геометрия контура ПП, вырезы, крепежные отверстия, печатные проводники, зоны запрета, вырезы, геометрия и т.п.) и размещенных на ней компонентов – электрорадиоизделий (ЭРИ). Это позволяет моделировать конструкцию изделия, имитировать процесс сборки изделия на стадии конструкторско-технологической подготовки производства и гарантировать отсутствие пересечений компонентов печатной платы и корпуса при монтаже готового изделия, а также проводить термодинамические и прочностные расчеты на основе метода конечных элементов с помощью встроенных инструментов инженерного анализа.

Геометрическое моделирование конструкции печатного узла средствами любой системы *MCAD* является довольно трудоемким процессом, а с учетом того, что проработка в *ECAD* уже проведена, это, по сути, будет двойной работой. Чтобы позволить проектировщикам избежать этого, разработчики САПР на протяжении нескольких десятилетий стремятся найти оптимальные решения для обмена данными между системами.

1. Обмен данными на основе формата STEP

Одним из самых распространенных форматов, поддерживаемых как системами *MCAD*, так *ECAD* (включая ПО *Altium*), является **STEP** (*Standard for Exchange of Product model data* – стандарт обмена данными модели изделия). Структура файлов *STEP*



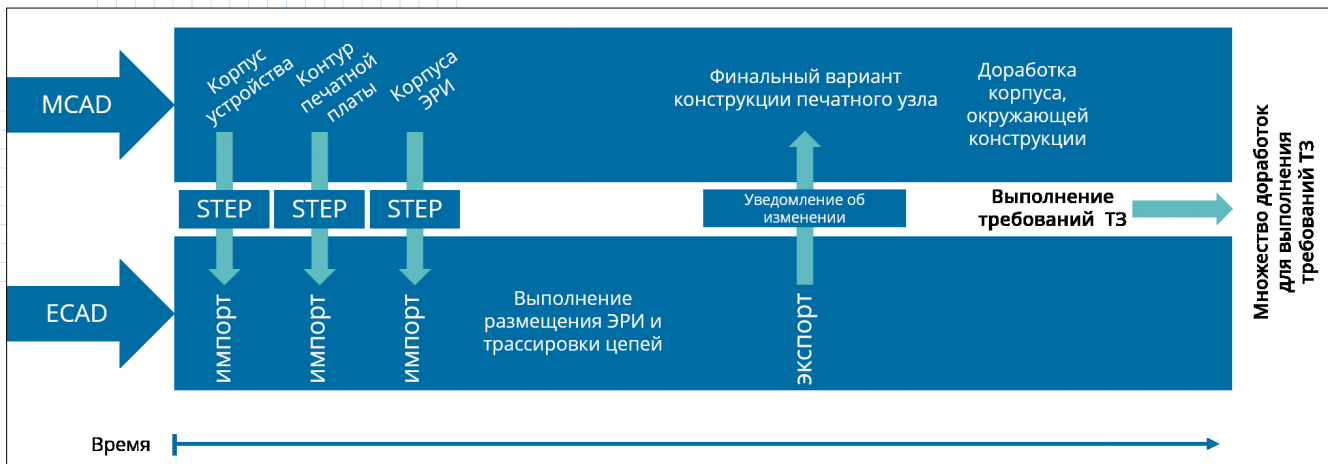


Рис. 2. Схема передачи данных посредством формата STEP

(расширение – *.step или *.stp) определена спецификацией *ISO 10303-21*. ПО *Altium* поддерживает импорт и экспорт файлов в формате *STEP* на основе протоколов *AP203* и *AP214*.

У пользователей *Altium Designer* и *Altium NEXUS* есть возможность импортировать файлы *STEP* для следующих целей (рис. 2):

- импортирование контура платы – для определения размеров и формы платы (что актуально, если плата должна иметь сложный контур, заданный её окружением: вырезы, фаски, скругления, криволинейный контур);
- импортирование механических деталей конструкции корпуса изделия – для визуализации монтажного пространства и проверки печатного узла на пересечения;
- импортирование моделей компонентов – для точного представления модели печатного узла и формирования граничных условий геометрии печатного узла.

Во всех случаях механизмы импорта *STEP* в ПО *Altium* схожи и сводятся к добавлению объекта *3D Body* (3D-тело) в файлы документов печатной платы или библиотеки посадочных мест.

Предусмотрена и возможность экспортировать модель печатного узла через формат *STEP* – таким способом можно передать всю модель печатного узла инженеру-механику, чтобы тот в системе *MCAD* мог провести анализ интерференции (пересечения и зазоры) с конфликтующими элементами конструкции вокруг узла. Настройки позволяют определить, какие именно элементы печатного узла будут экспортированы (рис. 3).

Описанные функциональные возможности обеспечивает

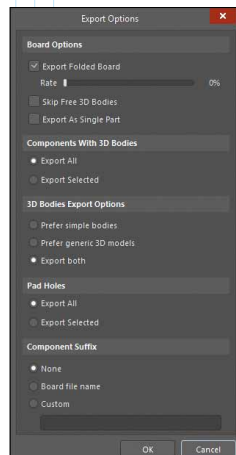


Рис. 3. Настройки экспорта данных в формате STEP

транслятор данных *STEP*, который включен в стандартную поставку ПО *Altium*.

Хотя файлы *STEP* и позволяют осуществлять обмен данными между разными системами проектирования, существенным недостатком этого механизма является однонаправленность передачи изменений. Например, если в процессе механической проработки изделия возникает необходимость изменить положение того или иного компонента ЭРИ или объекта печатной платы (монтажное отверстие, фаска, вырез и т.п.), то передать это изменение обратно в ПО *Altium* с помощью файла *STEP* будет невозможно, так что сообщать инженеру-электронщику о необходимости внесения изменений на его стороне придется каким-то иным способом. Подробнее о других вариантах обмена речь пойдет ниже.

Помимо этого, у формата *STEP* имеется ряд других недостатков:

- в связи с тем, что формат *STEP* является нейтральным по отношению к системам *MCAD*, для его преобразования в “родной” формат *MCAD* необходим модуль-транслятор, работа которого влечет за собой дополнительные затраты временных ресурсов;
- высокая детализация модели *STEP* влияет на производительность системы *MCAD*, а

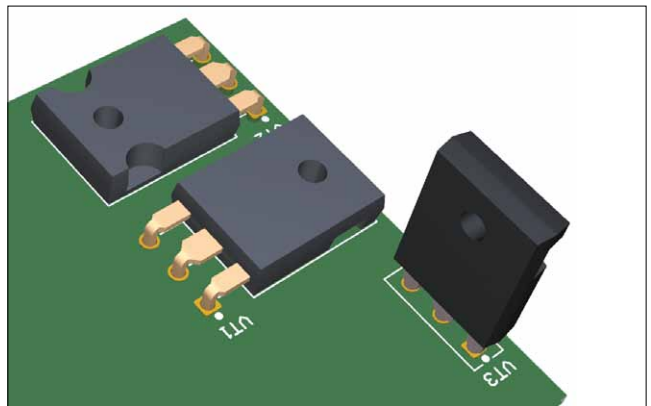


Рис. 4. Варианты формовки одного компонента электроники

преобразованная модель может занимать существенный объем дискового пространства;

- с помощью формата *STEP* невозможно передать:

- исполнения (варианты, конфигурации) проекта *ECAD*;

- атрибуты проекта *ECAD* (свойства проекта, физические и массо-центровочные характеристики);

- варианты формовки компонентов (рис. 4).

К счастью, на сегодняшний день существуют и другие варианты обмена данными, позволяющие осуществлять двунаправленную передачу изменений и лишённые некоторых из обозначенных недостатков.

2. Обмен данными на основе формата *IDF*

Первой попыткой решения задачи двунаправленного обмена данными между системами *ECAD* и *MCAD* стал формат *IDF* (*Intermediate Data Format* – промежуточный формат данных), который был разработан в 1992 году и используется до сих пор. Текущей версией формата является *IDF 4.0*, однако большинство САПР (в том числе в ПО *Altium*) поддерживают более ранние версии – *IDF 2.0* и *IDF 3.0*.

Для описания печатного узла в формате *IDF* формируются два файла: файл платы и файл библиотеки электронных компонентов. Файл платы содержит информацию о форме и размерах печатной платы (включая отверстия и вырезы), а также о местоположении компонентов (координаты на плате, слой). Файл библиотеки содержит информацию о размере и форме каждого компонента.

Рассмотрим типовой алгоритм разработки электронного устройства на основе формата *IDF* (рис. 5). Сначала инженер-конструктор механической части изделия определяет контур платы на основе окружающих её элементов конструкции (корпус, шасси, отсек оборудования и т.п.), а также вырезы платы, запретные зоны и положение

критических компонентов. Затем на основе трехмерной модели инженер-механик формирует файлы *IDF* и передает их проектировщику электронной части изделия для дальнейшей работы: размещения всех компонентов, трассировки проводников и т.д. Одновременная работа над проектом в двух разных областях может привести к необходимости передавать изменения друг другу – в этом случае один или другой разработчик формирует новый набор файлов *IDF* и отправляет их коллеге на согласование. Таким образом, процесс может включать в себя несколько итераций, пока все конфликты не будут устранены (желаемый результат согласно техническому заданию).

Как видно, главным преимуществом формата *IDF* является двунаправленность передачи информации о плате между системами *ECAD* и *MCAD*. Тем не менее, такой метод работы тоже не лишен недостатков. В частности, после того как инженер-механик передал *IDF*-файлы своему коллеге-электронщику, он, скорее всего, продолжит работу над конструкцией изделия. Одновременная проработка изделия в двух разных областях приведет к необходимости в дальнейшем проанализировать изменения, созданные в обеих САПР, и их влияние на конструкцию. Поскольку формат *IDF* предусматривает лишь передачу полной информации о плате, а не одних только изменений, то на практике это сравнение и анализ будут повторяться много раз, до момента получения готовых к производству проектных данных.

Несмотря на эти недостатки, формат *IDF* за долгое время своего существования обрел значительную популярность и на данный момент является стандартом де-факто на многих предприятиях. Учитывая это, компания *Altium* продолжает поддерживать этот формат. Так, в *Altium Designer 18.1/Altium NEXUS 1.1* было добавлено автоматическое формирование правила проектирования, ограничивающего высоту зоны *Keepout*, если такое

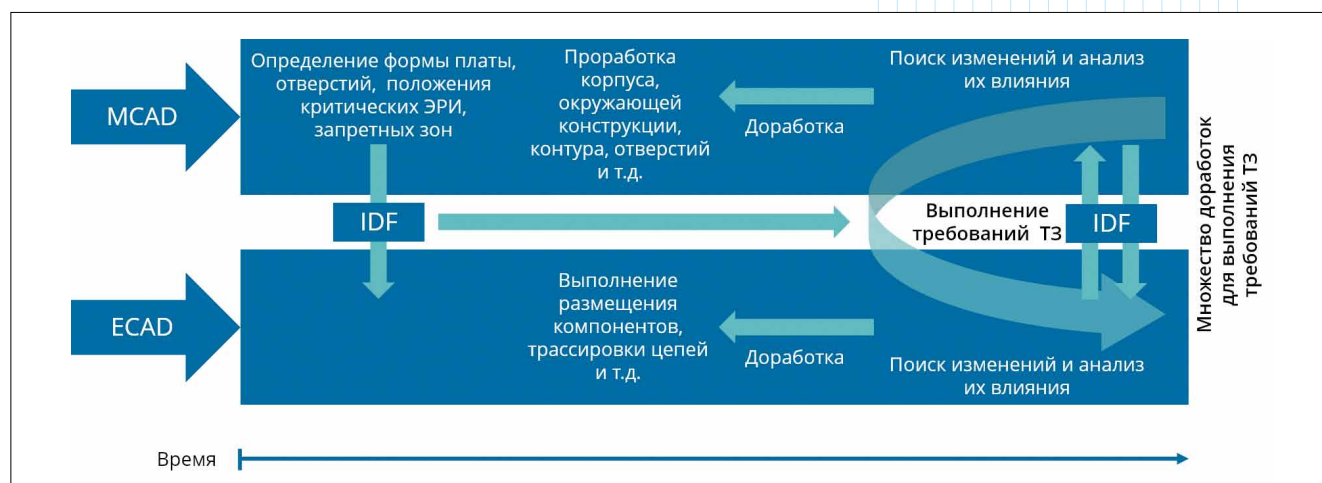


Рис. 5. Схема передачи данных посредством формата *IDF*

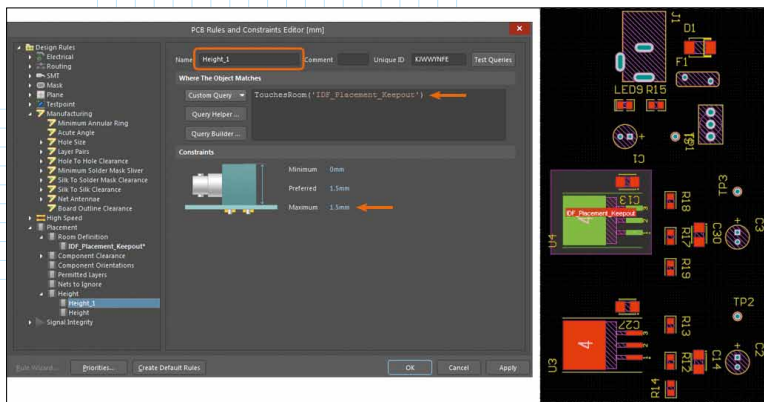


Рис. 6. Автоматическое формирование ограничения высоты зоны Keypad

ограничение существует в импортированном файле *IDF* (рис. 6) [2].

3. Обмен данными на основе формата *IDX*

Формат *IDX* (Incremental Data eXchange – инкрементный обмен данными) пришел на смену *IDF* и был призван преодолеть его ограничения, обеспечить новый уровень обмена данными между системами *ECAD* и *MCAD*.

При использовании формата *IDX* возможна коллективная работа разработчиков электрической части проекта, конструкторов-топологов и конструкторов-механиков в динамике по сценарию

“Что, если?”, а также оценка результатов в режиме реального времени. Это значительно ускоряет принятие решения по проекту и получение желаемого результата.

Таким образом, инженеры получают наиболее точное представление не только цифровой модели проекта, но и этапов проектирования, и могут проводить точный расширенный анализ модели. Как следствие, ускоряется выход изделия на рынок и снижается его себестоимость.

Новый формат данных был выработан участниками ассоциации *ProSTEP iViP*. Результатом работы стала модель данных *EDMD* (Electronic Data Mechanical Data), основанная на протоколе *XML* [3]. Свое название формат получил благодаря расширению *XML*-файлов этой модели данных (*.idx).

Формат *IDX* позволяет специалистам по механической и по электронной части проекта графически обмениваться идеями и предложениями для изменений, но при этом не покидать привычную среду проектирования (рис. 8).

Ключевыми особенностями формата *IDX* являются:

✓ *XML*-представление

Модель данных *EDMD* определена с помощью *XML*-схем, а файлы *IDX* представляют собой *XML*-документы. Это делает *IDX* гибким и расширяемым протоколом обмена данными. Новые возможности САПР, применяемые при проектировании модулей печатных плат, могут быть учтены в будущих версиях *IDX*, не затрагивая текущие реализации *IDX*-схемы. Кроме того, язык разметки *XML* знаком многим разработчикам, что позволяет не изобретать “колесо” для поддержки обмена файлами *IDX* в системах проектирования – и со стороны *ECAD*, и со стороны *MCAD*.

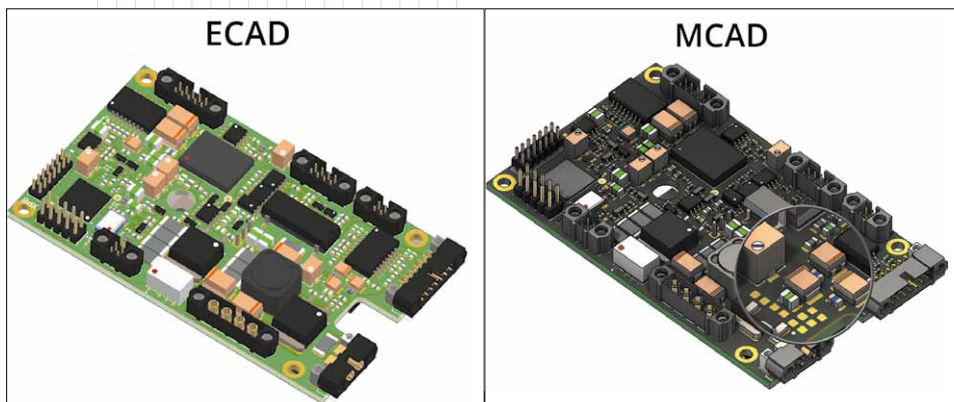


Рис. 7. Пример отображения печатного узла в *ECAD*- и *MCAD*-системах

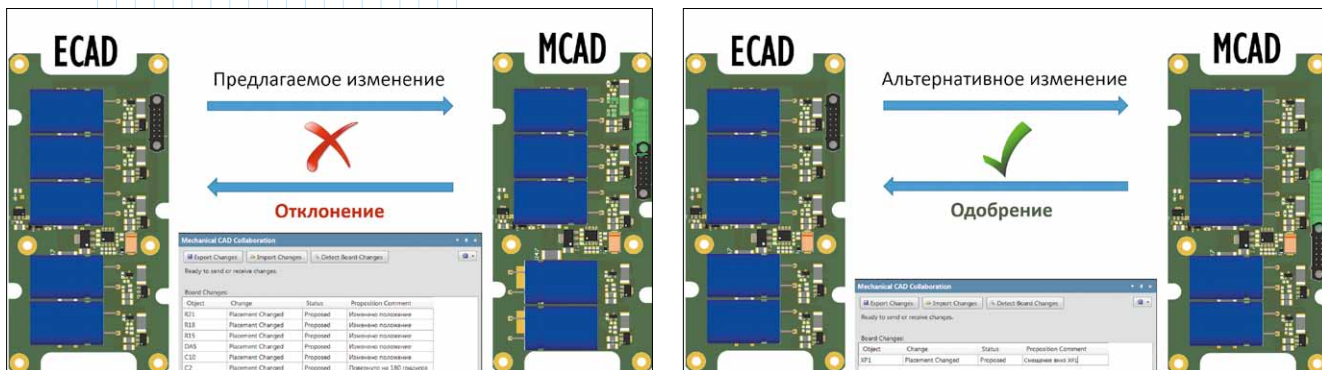


Рис. 8. Обмен данными посредством формата *IDX*

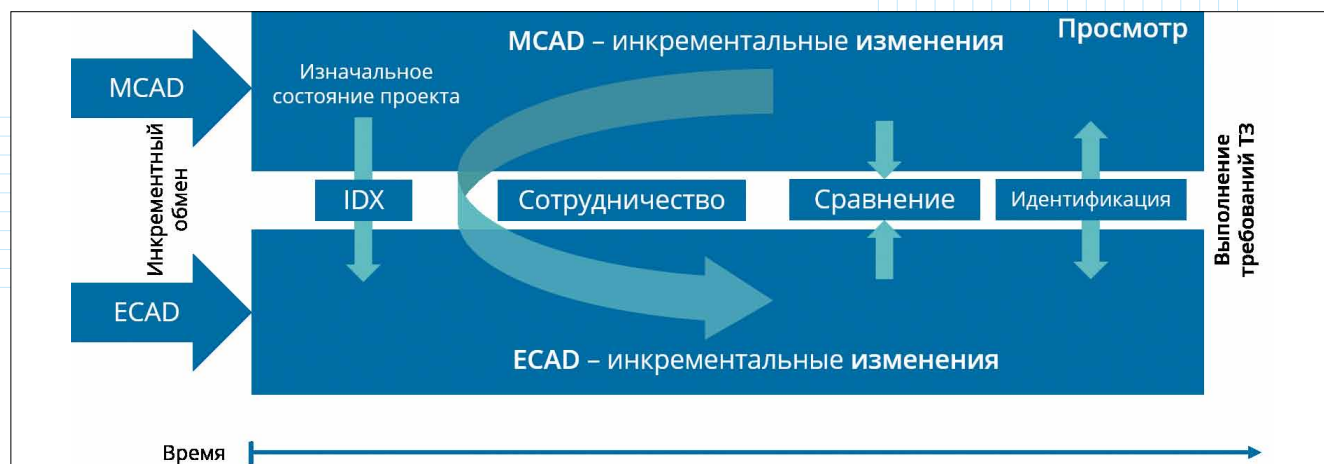


Рис. 9. Схема передачи данных посредством формата IDX

✓ Уникальные идентификаторы объектов проекта

Каждый объект проектирования – не только компоненты, но и отверстия на плате, вырезы, механические компоненты и другие элементы конструкции ПП – имеет уникальный идентификатор (*ID*, *KEY*, *GUID*) в *IDX*. Уникальные идентификаторы объектов являются ключом к управлению изменениями при совместной разработке проекта печатной платы.

✓ Инкрементный обмен

Формат *IDX* передает начальное состояние “базового” варианта проекта печатной платы (*baseline*), а также дополнительные изменения этого и последующих вариантов. Инкрементный обмен данными уменьшает количество информации о проекте в ходе одной итерации проектирования. Еще более важно то, что *IDX* дает разработчикам возможность определить, какие изменения предлагаются на каждом шаге, и оценить возможность применения этих изменений путем согласования каждого из них в отдельности.

✓ История проекта

Каждое изменение проекта печатной платы, представленное в файле *IDX*, может включать историю: кто внес изменения, когда оно было сделано, комментарий, объясняющий, почему оно было сделано, кто просмотрел изменение, было ли изменение принято или отклонено, и комментарий, объясняющий, почему оно было принято или отклонено. История проекта является ключевым элементом процесса совместной разработки.

Вследствие того, что поддерживается инкрементный обмен данными, типовой процесс проектирования электронного устройства будет выглядеть иначе (рис. 9). Способность представлять и управлять инкрементными изменениями, вместо переписывания всех данных, является главным преимуществом использования формата *IDX* при организации взаимодействия систем *ECAD* и *MCAD*. Это позволяет

инженерам сосредоточиться непосредственно на проектировании и эффективнее использовать данные об изменениях.

Однако формат *IDX* не позволяют передавать следующую информацию:

- проекты с исполнениями (конфигурации, варианты). В *Altium* существует понятие вариантов печатного узла, и для каждого конкретного ЭРИ можно указать опцию: устанавливать, не устанавливать или заменить альтернативным компонентом в конкретном исполнении (рис. 10);
- варианты установки формованных компонентов (*FootPrint*) – аналогично *STEP* (рис. 4);

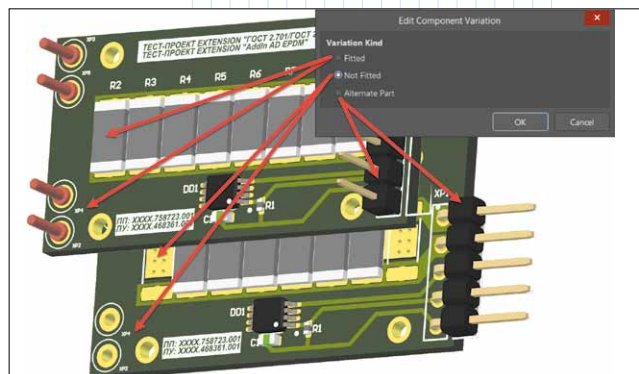


Рис. 10. Варианты исполнения печатного узла

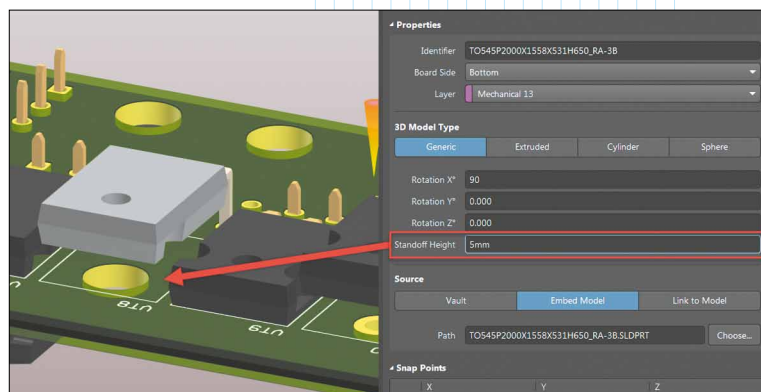


Рис. 11. Координата Z модели компонента

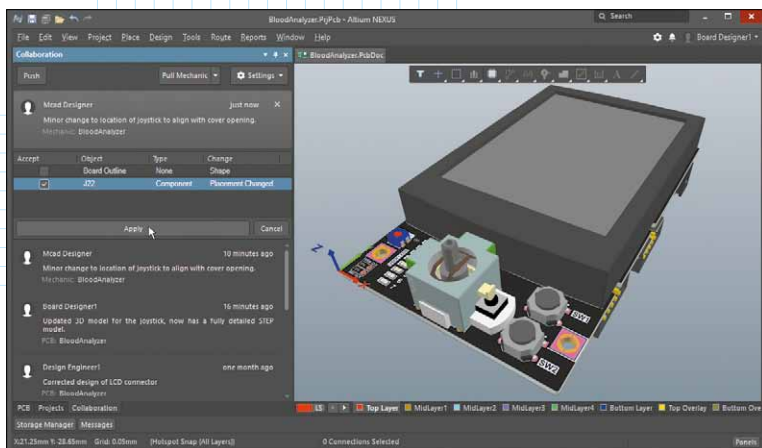


Рис. 12. Просмотр изменений, выполненных в MCAD

- атрибуты, реквизиты проекта согласно ГОСТ 2.104 – их невозможно перенести из одной системы в другую без потери данных;
- встраиваемые компоненты – нет возможности передавать координату Z (рис. 11);
- мехатронную библиотеку (эта библиотека, основанная на синергетическом объединении MCAD-моделей с электронными компонентами ECAD, обеспечивает проектирование на новом уровне).

Примеры реализации обмена данными на основе IDX

В ПО Altium обмен данными с машиностроительными САПР через формат IDX осуществляется с помощью дополнительных программных модулей.

Один из таких модулей – *Mechanical CAD Collaboration*, позволяющий передавать данные между Altium Designer/Altium NEXUS и системами MCAD. С помощью этого модуля можно как осуществлять импорт/экспорт изначального состояния проекта (*baseline*), так и управлять его инкрементными изменениями [4].

Другой пример реализации совместной работы – с помощью сервера обмена данными (*Collaboration Server*). В этом случае, проектировщики избавляются от необходимости непосредственно передавать файлы – эту задачу берет на себя сервер, установленный в локальной сети предприятия.

Примерами интеграции решений Altium с машиностроительными САПР являются:

- интеграция Altium Designer с SOLIDWORKS с помощью дополнительного программного модуля *SOLIDWORKS PCB Connector*. В качестве сервера, обеспечивающего взаимодействие, здесь выступает Altium Vault или ECAD-MCAD Project Collaboration Server;
- интеграция Altium NEXUS с системами SOLIDWORKS и PTC Creo. Взаимодействие со стороны Altium NEXUS осуществляется через панель *Collaboration*. Сервером взаимодействия здесь выступает Altium NEXUS Server.

Прием и передачу данных проектировщики осуществляют непосредственно из интерфейса своей САПР, через специальные панели взаимодействия. После внесения изменений (например, касающихся формы платы или положения компонента) проектировщик выгружает эти изменения на сервер, с комментариями к ним. Принимающая сторона, в среде своей САПР, получает уведомление, что проект был изменен. При этом проектировщик, получающий изменения, может непосредственно просмотреть, что именно было изменено, после чего принять или отклонить изменения проекта (рис. 12).

Заключение

Программное обеспечение Altium для проектирования изделий электроники на основе печатных плат (Altium Designer и Altium NEXUS) обладают широким набором инструментов для взаимодействия с САПР механической части изделия, выбор которых зависит от решаемых проектировщиком (или проектировщиками) задач:

- Для точного представления в системе Altium Designer/Altium NEXUS геометрических моделей компонентов и печатной платы со сложным контуром или для передачи готовой модели печатного узла в систему MCAD (без необходимости дальнейшего изменения проектных данных) предусмотрена возможность импорта/экспорта в формате STEP AP203/AP214.
- Для построения в MCAD модели печатной платы со сложным контуром, определения зон запрета размещения компонентов и последующего двунаправленного обмена данными между САПР целесообразно применять формат IDF 2.0/3.0.
- Для инкрементного обмена данными об изменениях в моделях печатной платы и печатного узла, ведения прозрачной истории изменений с возможностью отката к промежуточным решениям, а также для коллективной работы над проектом предлагаются модули импорта/экспорта данных в формате IDX.

Литература

1. *The Mechatronics System Design Benchmark Report*. Отчет об исследовании, проведенном компанией Aberdeen Group.
2. Обзор нововведений Altium Designer 18.1. Документация Altium: [www.altium.com/documentation/ru/18.1/display/ADES/Altium+Designer+18.1+\(\(New+Features+and+Updates+Summary\)\)_AD](http://www.altium.com/documentation/ru/18.1/display/ADES/Altium+Designer+18.1+((New+Features+and+Updates+Summary))_AD)
3. ECAD/MCAD Collaboration Implementation Guideline: www.prostep.org/en/medialibrary/publications/?no_cache=1
4. Поддержка формата IDX. Документация Altium: [www.altium.com/documentation/18.1/display/ADES/\(\(IDX+Support\)\)_AD](http://www.altium.com/documentation/18.1/display/ADES/((IDX+Support))_AD)