

Как обеспечить соответствие нормативным требованиям при проектировании электрических систем?

Рекомендации от *Mentor Graphics*

©2020 Siemens Digital Industries Software

О новом методе автоматизированного проектирования электрических систем с учетом нормативных требований в авиационно-космической отрасли читателям рассказывает Тони Николи (*Anthony Nicoli*), директор направления авиационно-космической и оборонной промышленности подразделения интегрированных электрических систем компании *Mentor Graphics*.

Сложность электрических систем в самолетах увеличивается

По данным исследования, проведенного компанией *Market Research Engine*, объем рынка кабельной продукции для летательных аппаратов в 2024 году превысит миллиард долларов, а совокупные темпы годового роста достигнут +6%.

Высокая сложность летательных аппаратов приводит к росту рисков несоответствия новых проектов нормативным требованиям, причины которых объяснимы. Современные методики контроля и анализа проектных решений опираются на разрозненные данные. Вся работа выполняется вручную с применением чертежей и таблиц – и уже после того, как основные этапы проектирования электрооборудования завершены. Если проблемы выявляются на поздних стадиях разработки, то внесение изменений в конструкцию обходится предприятию очень дорого. Сроки срываются, прибыль уменьшается.

“Чтобы превзойти конкурентов, производителям требуется выделить свои самолеты на фоне других”, – говорит Тони Николи. – “И всё чаще это делается путем расширения функциональных возможностей. В первую очередь это касается электроники и электрооборудования, так как реализация новых функций электрическими средствами дает наибольшую финансовую отдачу по сравнению с применением механических, пневматических и гидравлических систем. Примеры – *Wi-Fi* и потоковое видео для пассажиров. Электрические системы проще обслуживать, они легче по весу, надежнее и потребляют меньше энергии. К тому же, гибридные электроприводы начинают появляться не только в автомобилях, но и в авиации”.

Электрооборудования становится всё больше

Необходимость создания конкурентных преимуществ привела к колоссальному росту объемов самолетного электрооборудования. За последние полвека мощность бортовых генераторов возросла в десять раз, а в последние 20 лет наблюдается взрывной рост – особенно с появлением *Airbus A330* и *A380*. В самолете *Boeing 787* на полной мощности генерируется столько электроэнергии, что её хватило бы на потребности 500 средних коттеджей.

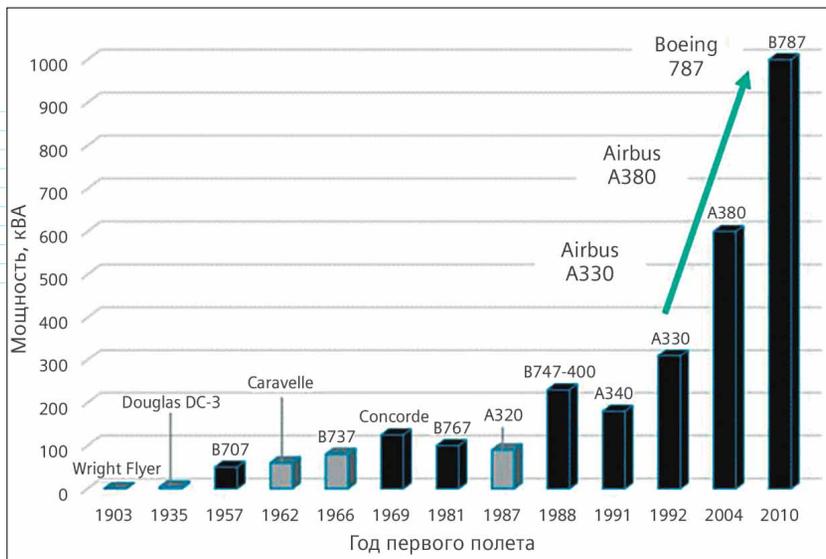
“Фактически это целая электростанция: в нее входят четыре генератора и две вспомогательные силовые установки. Наличие столь мощного источника питания оказывает колоссальное влияние на всю электрическую систему самолета”, – поясняет Николи.

В результате разводка бортовой электропроводки значительно усложнилась. Как отмечает Николи, на провода и кабели приходится 3% массы современного самолета, а стоимость кабельных изделий, необходимых для электропитания и передачи всё больших объемов данных, постоянно растет.

За последние 20 лет на самолетах появилось значительно больше электрооборудования, требующего мощных источников питания, а проектирование и эксплуатация электросистем превратились в весьма сложную задачу.

“Некоторые жгуты проводки имеют длину 20 метров и весят порядка 350 килограмм. В одиночку такой жгут не передвинуть!” – добавляет Николи. – “При проектировании подобных систем нужны самые современные подходы, обеспечивающие не только достижение требуемых уровней функциональности и безопасности при минимальной стоимости и массе. Конструкция еще должна быть





Динамика увеличения генерации электроэнергии на борту самолетов

начинается еще до окончания процесса комплексирования. Однако такой подход вызывает опасность появления ошибок.

“У нас был заказчик, который построил шесть самолетов, работая по такой схеме. И только по завершении работы выяснилось, что на них забыли установить резервную систему. В итоге самолеты вообще не могли подняться в воздух. Инженерам пришлось вернуться в исходную точку и перепроектировать конструкцию, заново проходить аттестационные испытания, испытания всех электрических систем и их комплексирование. В результате специалистам пришлось демонтировать всё оборудование с шести самолетов, переделывать его и устанавливать снова. На это ушло почти два года и полтора миллиарда долларов”, – вспоминает Николи.

максимально технологичной с точки зрения процессов сборки и монтажа”.

В типичном пассажирском самолете общая длина проводки достигает 500 км. Это 100 тысяч проводов общим весом в 7 тонн и 40 тысяч разъемов. Из-за высокой сложности подобных систем возрастают риски при их проектировании, комплексировании и монтаже.

Николи поясняет: “Как говорят специалисты, в авиационно-космической отрасли при решении любых задач комплексирования всегда возникают совершенно неожиданные проблемы, связанные с тем, что для повышения летных характеристик самолета всё оборудование работает на пределе своих возможностей”.

Традиционно авиационная отрасль искала способы решения проблем с проектированием механических, пневматических и гидравлических систем самолета. Однако методики проектирования электрооборудования пока не достигли столь высокого уровня. Поэтому проблемы с электрикой оказываются очень болезненными и чаще всего требуют внесения существенных изменений в конструкцию, повторного проведения комплексирования, аттестационных и сертификационных испытаний. Всё это может затянуться больше, чем на год и обойтись в миллиард долларов. Такие итерации процессов проектирования электрооборудования не только наносят ущерб репутации программ и работающих над ними специалистов, но и ставят под угрозу благополучие всей организации в целом”.

Помимо прочего, авиационно-космическая отрасль отличается жесткими сроками. Исполнители стараются опережать график работ, чтобы как можно быстрее ввести самолет в эксплуатацию – ведь только с этого момента воздушное судно начинает приносить прибыль. Поэтому для приближения первого полета построение самолета зачастую

Решение *Capital* от *Mentor Graphics*

Для устранения подобных рисков компания *Mentor Graphics*, входящая в концерн *Siemens*, выпустила новую систему *Capital*, облегчающую соблюдение нормативных требований при проектировании и сертификации авиационного электрооборудования. Это первая технология проектирования электрических систем, в которой средства автоматизации и полное цифровое представление данных служат для обеспечения соответствия продукции нормативным требованиям. Для расчета общего энергопотребления летательного аппарата применяется цифровой двойник.

“Решение *Capital Load Analyzer* дает видимые преимущества”, – говорит Николи. – “Цифровая модель позволяет надежно решать такие задачи, как анализ конструкции на соответствие нормативным требованиям. Анализ электрических нагрузок на уровне изделия в целом гарантирует правильное управление энергопотреблением и безопасность самолета на всех этапах и в любых условиях полета, включая аварийные ситуации”.

Комментируя вышеприведенный случай с колоссальными убытками, Николи отметил: “Если бы у заказчика были те возможности, которые мы реализовали сейчас, то всей этой дорогостоящей операции можно было бы избежать. Если бы конструкторы руководствовались данными из такой системы, как *Capital*, они бы сразу заметили возникшую проблему. Причина случившегося вырастает из крайне высокой сложности. Из-за гигантского объема работ они упустили часть процедур. Один из важнейших этапов на пути к первому полету – обеспечение соответствия нормативным требованиям, и нередко проблемы выявляются именно в этот момент”.

Обеспечение соответствия нормативным требованиям – трудная задача. Высокая сложность

современных систем и старые методики анализа приводят к тому, что отвечать нормативным требованиям становится всё более проблематичным.

“Методики были разработаны многие десятилетия назад – в эпоху, когда электрические системы были гораздо более простыми. Они дорогие и трудоемкие, так как все работы выполняются в основном вручную и с применением разрозненных источников данных, а также отнимают очень много времени. Нередко нормативные несоответствия выявляются в самом конце программы разработки, что приводит к дорогостоящим переделкам на самом критичном этапе”, – добавляет Николи.

Одна из важнейших составляющих обеспечения соответствия нормативным требованиям – проведение анализа электрической нагрузки, поскольку он влияет на безопасность. Именно такие проверки гарантируют работоспособность всех электрических систем на всех этапах и в любых условиях полета. Однако провести анализ электрической нагрузки не так просто.

Николи объясняет ситуацию так: “Из общения с заказчиками мы установили, что главную трудность для эффективного выполнения анализа нагрузки создает неактуальность используемых данных, что не позволяет оперативно вносить изменения в конструкцию. Проектные решения уже поменялись, но об этом никто не знал, и в результате проблемы обнаруживаются только методом экспертной оценки”.

Электрические распределительные системы двух экземпляров одной и той же модели самолета могут отличаться примерно на 30%. Дело в том, что разные авиакомпании заказывают разные исполнения. Например, *Lufthansa* выдвигает изготовителю совсем не такие требования, как *American Airlines*.

Более того, новые самолеты продаются довольно медленно. “У конечных пользователей просто нет столько денег, чтобы за месяц скупить все выпущенные самолеты. Производители не могут строить воздушные суда в таком низком темпе. Самолеты одной и той же модели продаются на протяжении даже не года, а 5–10 лет. За это время изготовители модернизируют электрическую систему, реализуют дополнительные функции по запросам заказчиков, а также вносят изменения в соответствии с новыми нормативными требованиями, что вынуждает перепроектировать бортовое электрооборудование. Двух одинаковых самолетов не существует”, – продолжает Николи.

Еще одна задача, с которой сталкиваются заказчики, – разработка документации. Инженеры тратят недели на подготовку отчетов, а при любом изменении в производственном цикле всю работу придется делать заново. На сегодня не существует эффективного способа передачи результатов расчетов сотрудникам, которые занимаются подготовкой документации для нормативных органов.

“Применяемые на предприятиях инструменты разрознены”, – констатирует Николи. – “Там используют *Word* и *Excel*, а также устаревшие системы, разработанные в 1970-е годы или даже раньше. Эти системы привычны и хорошо знакомы сотрудникам, но проблема состоит в том, что они не справляются со сложностью и масштабом современных электросистем. Цифровые технологии *Siemens Digital Industries Software* помогают снижать риски и совершенствовать бизнес-процессы заказчиков. Мы называем такой подход “разработка электрооборудования на основе моделей”. Это междисциплинарная совместная работа на всех этапах, от проектирования отдельных систем до изготовления и эксплуатации”.

Николи отмечает, что эта концепция основана на единстве данных, интегрированной архитектуре и применении самых современных средств автоматизации. Единство данных обеспечивается благодаря использованию цифрового двойника или цифровой магистрали, что позволяет обмениваться информацией между различными системами и успешно решать задачи на всех этапах разработки. Наличие у заказчика подобных решений и интегрированной архитектуры открывает перед ним возможность автоматизации процессов и формирования интерактивных руководств для работников, которые ведут монтаж. Заказчик может разработать упрощающие работу алгоритмы и встроить в них задачи верификации и контроля, чтобы всегда быть в курсе установленных требований – как функциональных, так и нормативных.

Новый инструмент *Capital Load Analyzer* от *Mentor Graphics* помогает быстро выполнить анализ электрических нагрузок, ускоряя процесс сертификации воздушных судов и снижая риски несоблюдения сроков сертификации и приемки проекта.

“*Capital Load Analyzer* отвечает требованиям военного стандарта *MIL-E-7016F*. Кроме того, мы разрабатываем средства *Wire Derating Analyzer* и *3D Signal Separation Visualisation and Checking Analyzer*. Первая из названных систем также будет соответствовать требованиям военного стандарта *MIL-W-5088L*. Эти два новых продукта появятся позднее. Их цель – помочь разработчикам авиационно-космической техники в применении цифровых двойников изделий для проведения расчетов и учета летных характеристик”, – говорит Николи.

“Мы разрабатываем методику точной, автоматизированной и непрерывной верификации”, – добавляет он. – “Если подобный анализ можно будет проводить одним нажатием кнопки, это сэкономит много времени и позволит выявлять влияющие вносимых изменений на электрические нагрузки и управление электрической мощностью в режиме реального времени. Ждать окончания проектирования больше не придется. Контроль, анализ и виртуальная верификация выполняются

параллельно с проектированием. Проблемы с резервированием или управлением нагрузкой будут выявляться не на этапе комплексирования систем, а на этапе разработки. Благодаря этому устраниваются ошибки, потенциально способные принести миллиардные убытки”.

Николи подчеркивает важность корректной подготовки отчетной документации в авиационно-космической отрасли. В Федеральном авиационном управлении США (FAA) есть сотрудник, который подписывает документы о соответствии нормативным требованиям – он несет личную ответственность, если утвержденный узел или система откажут. Поэтому изготовителю необходимо доказать, что управление электропитанием выполняется надлежащим и безопасным образом.

“Такое подтверждение должно быть представлено в соответствующем формате”, – говорит Николи. – “Авиационно-космические предприятия из разных стран используют различные форматы отчетов, по-разному представляют данные и выдвигают разные требования, а их сотрудники собирают информацию по различным методикам”.

Количество отчетов постоянно растет, и это одна из причин, по которой подготовка к проверке соответствия нормативным требованиям

оказывается столь длительной. В отношении этого Николи сказал следующее: “Мы добавили в *Capital* возможность создания библиотеки шаблонов отчетов и возможность включения результатов расчетов непосредственно в текст отчета. Теперь при проведении нового расчета достаточно буквально нажать кнопку, чтобы обновить сразу множество отчетов и отправить их всем заинтересованным лицам”.

Но это лишь одна из функций решения *Capital*. По мнению Николи, подготовкой отчетов не любит заниматься никто. “Заказчики хотят создавать инновационные изделия, а не отчеты о своей продукции. Поэтому предлагаемое решение дает огромное преимущество – облегчает работу, снижает риски и сокращает сроки выполнения основных этапов сертификации. Мы применяем самые современные методики для решения задач, связанных с высокой сложностью летательных аппаратов. Мы стремимся к тем же целям, что и наши заказчики: снизить риски, устранить перепроектирование и обеспечить соответствие бортового электрооборудования всем нормативным требованиям”, – подводит черту Тони Николи.

Статья была впервые опубликована на сайте www.electronicsspecifier.com

◆ Новости компании *Siemens Digital Industries Software* ◆

В *Parasolid v32.0* реализовано гибридное моделирование для работы со смешанными моделями

Компания *Siemens Digital Industries Software* выпустила новую версию своего геометрического ядра – *Parasolid v32.0*. Новый релиз предлагает улучшенную технологию гибридного моделирования *Convergent Modeling*, позволяющую работать с 3D-моделями, которые содержат как стандартные, так и фасетные поверхности с граничным представлением (*B-rep*).

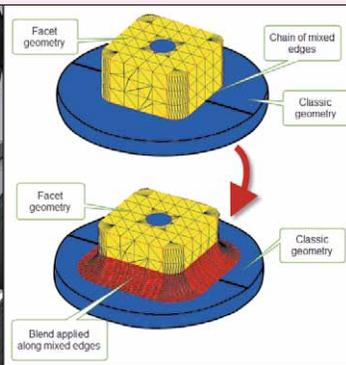
Это нововведение повышает эффективность рабочих процессов в различных областях применения автоматизированных систем. К примеру, генеративное проектирование предусматривает автономное создание

3D-моделей, соответствующих проектным ограничениям и требованиям по нагрузкам. Эта работа, как и оптимизация топологии разработанных обычным способом изделий, ведется с сеточными моделями. Технология гибридного моделирования позволяет восстанавливать точное аналитическое представление при сопряжении поверхностей – фасетной и классической.

В задачах обратного инжиниринга новая технология найдет применение для создания точных аналитических поверхностей на сканированной геометрии когда-то изготовленных деталей.

Сегодня ядро геометрического моделирования *Parasolid* используется в собственных системах *Siemens – NX* и *Solid Edge*, – а также является основой гибкой и открытой экосистемы приложений, входящих в портфолио *Xcelerator*. Кроме того, *Parasolid* лицензируется для более чем 350 других ведущих систем в сферах CAD/CAM/CAE и AEC.

Дополнительная информация представлена в блоге “*Parasolid v32.0 Release Highlights*” на сайте: blogs.sw.siemens.com



Ядро *Parasolid* поддерживает гибридное моделирование (*Convergent Modeling*), позволяющее работать с моделями, которые содержат как стандартные, так и фасетные поверхности с граничным представлением типа *B-rep*