



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ. Электрон. журн. 2021, № 1, с.50-54.

Поступила: 19.05.2021

Окончательный вариант: 19.05.2021

© УлГУ

УДК 65.011.56

Использование скелетно-геометрической модели для синхронизации электрожгута самолета в MCAD и ECAD

Овечкин А. Е. *, Железнов О. В.,
Блюменштейн А. А., Павлов П. Ю.

[*ovechkin_alex_1996@mail.ru](mailto:ovechkin_alex_1996@mail.ru)

УлГУ, Ульяновск, Россия

В статье рассматриваются вопросы организации процесса проектирования электрожгутов самолета. Основное внимание уделяется синхронизации компонентной базы и геометрии электрожгута самолета между электрической схемой в ECAD-системе и 3D моделью в MCAD-системе. Необходимость такой синхронизации возникает в связи с тем, что процесс проектирования является итеративным и проектировщик может вернуться на предыдущую стадию жизненного цикла. Для решения этой задачи разработана математическая скелетно-геометрическая модель, которая используется для обратной совместимости и синхронизации между MCAD и ECAD системами.

Ключевые слова: математическое моделирование, цифровое производство, проектирование электрожгутов самолета, ECAD, MCAD.

Введение

Теория и практика проектирования электрожгутов самолета предполагает последовательную разработку, сначала создается комплект конструкторской документации (КД) в ECAD-системе, а затем осуществляется автоматическое построение 3-х мерной модели с использованием инструментов MCAD-системы [1].

В случае необходимости изменения КД проектировщику требуется внести изменения в электронную модель электрожгута самолета в MCAD-системе. В случае большого количества изменений возрастает риск расхождения данных в двух системах и возникновения в последующем производственного брака. Очевидно, что вопрос синхронизации изменений в ECAD и MCAD-системах актуален для всей машиностроительной отрасли.

Для оптимизации и ускорения разработки конструкторской документации электрожгута самолета высокотехнологичных изделий предлагается разработать программный модуль синхронизации проектов MCAD и ECAD-систем [4].

В основу программного обеспечения заложена скелетно-геометрическая модель, описывающая изменения в самолетных электрожгутах при корректировке конструкторской документации [2].

Скелетно - геометрическая модель электрожгута самолета

Рассмотрим скелетно-геометрическую модель электрожгута самолета. На рис. 1 представлена скелетно-геометрическую модель электрожгута самолета (H_i), которая состоит из множества элементов:

$$H_i = \{C_i, W_i, F_i, WI_i\},$$

где $C_i = \{c_1 \dots c_n\}$ - множество коннекторов (n – количество коннекторов);

$W_i = \{w_1 \dots w_n\}$ - множество обмоток (n – количество обмоток);

$F_i = \{f_1 \dots f_n\}$ - множество крепежей (n – количество крепежей);

$WI_i = \{wi_1 \dots wi_n\}$ – множество проводов (n – количество проводов).

Каждый элемент множества включает в себя параметры. Перечень параметров элементов множеств жгута представлен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень параметров элементов множеств жгута

Элемент множества		Параметр	Описание параметра
Коннектор	$c_i = \{id_i, n_i\}$	id_i	Уникальный идентификатор коннектора
		n_i	Наименование коннектора
Крепеж	$f_i = \{id_i, n_i\}$	id_i	Уникальный идентификатор крепежа
		n_i	Наименование крепежа
Обмотка	$w_i = \{st_i, l_i, ls_i, id_i, le_i, w_i\}$	st_i	Шаг обмотки
		l_i	Длина обмотки
		ls_i	Отступ в начале обмотки
		id_i	Уникальный идентификатор обмотки
		le_i	Отступ в конце обмотки
		w_i	Ширина обмотки
Провод	$wi_i = \{l_i, id_i, p1_i, p2_i\}$	l_i	Длина провода
		id_i	Уникальный идентификатор провода
		$p1_i$	Начальная точка
		$p2_i$	Конечная точка
Начальная точка провода	$p1_i = \{x_i, y_i, z_i, Ob_i\}$	x_i	Координата x
		y_i	Координата y
		z_i	Координата z
		Ob_i	Наименование объекта
Конечная точка	$p2_i = \{x_i, y_i, z_i, Ob_i\}$	x_i	Координата x

Элемент множества		Параметр	Описание параметра
провода		y_i	Координата y
		z_i	Координата z
		Ob_i	Наименование объекта

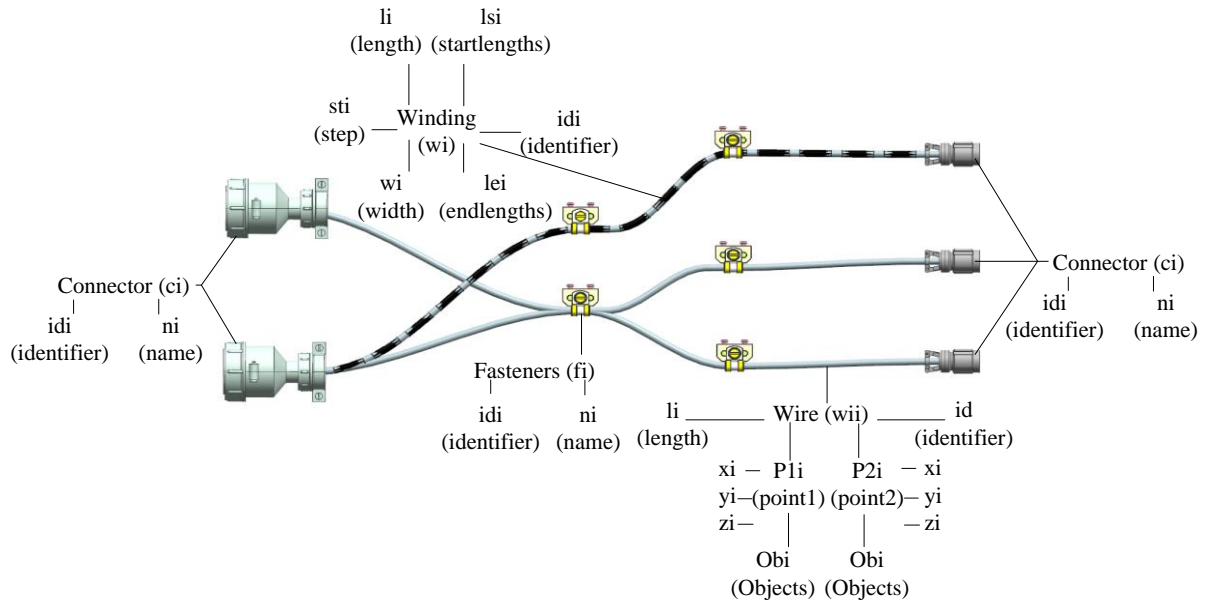


Рис. 1. Скелетно-геометрическая модель электрожгута самолета

Модель электрожгута самолета используется для описания изменений, вносимых конструктором в электронную модель [1]. На рис. 2 представлены пример замены и удаления элементов схемы электрожгута самолета. Описание изменения параметров приведено в таблице 2.

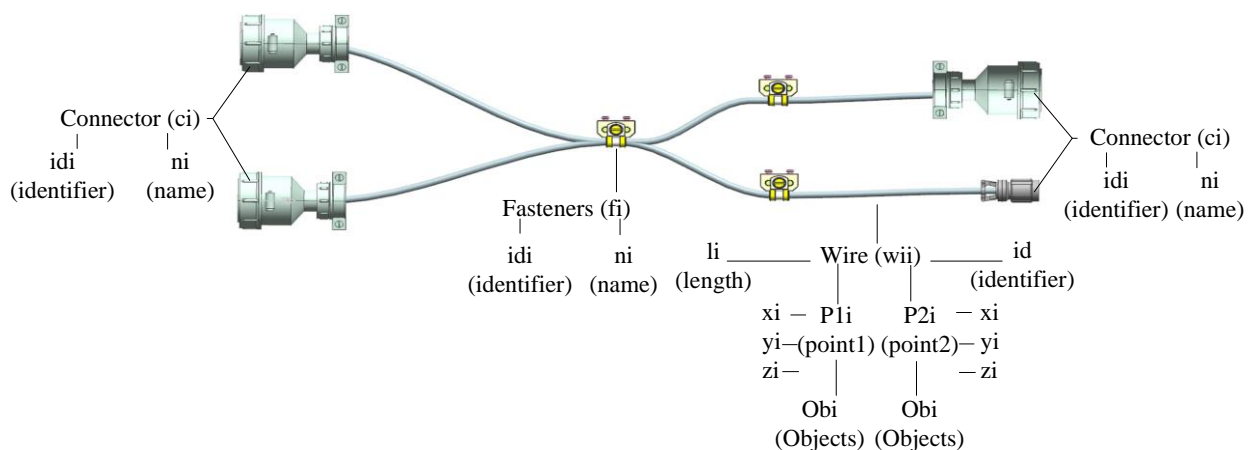


Рис. 2. Пример скелетно-геометрической модели с удаленным сегментом жгута самолета

Таблица 2. Изменения параметров

Множество	Элемент множества	Значение множества		Элемент множества	Значение множества	
C_i	До			После		
	c_1	$\{id_1, n_1\}$	$\{1001, HM1\}$	c_1	$\{id_1, n_1\}$	$\{1001, HM1\}$
	c_2	$\{id_2, n_2\}$	$\{1002, HM1\}$	c_2	$\{id_2, n_2\}$	$\{1002, HM1\}$
	c_3	$\{id_3, n_3\}$	$\{1003, MN2\}$	\emptyset		
	c_4	$\{id_4, n_4\}$	$\{1004, HM1\}$	c_6	$\{id_6, n_6\}$	$\{1006, MN2\}$
	c_5	$\{id_5, n_5\}$	$\{1005, MN2\}$	c_5	$\{id_5, n_5\}$	$\{1005, MN2\}$
W_i	w_1	$\{st_1, l_1, ls_1, le_1, id_1, wi_1\}$	$\{5, 2, 3, 5, 1001, 2\}$	\emptyset		
F_i	f_1	$\{id_1, n_1\}$	$\{1001, F01\}$	\emptyset		
	f_2	$\{id_2, n_2\}$	$\{1002, F33\}$			
	f_3	$\{id_3, n_3\}$	$\{1003, F33\}$	f_3	$\{id_3, n_3\}$	$\{1003, F33\}$
	f_4	$\{id_4, n_4\}$	$\{1004, F33\}$	f_4	$\{id_4, n_4\}$	$\{1004, F33\}$
	f_5	$\{id_5, n_5\}$	$\{1005, F01\}$	f_5	$\{id_5, n_5\}$	$\{1005, F01\}$
WI_i	wi_1	$\{l_1, id_1, p1_1, p2_1\}$	$\{2, 1001, \{11, 22, 33, \{1002\}\}, \{11, 22, 33, \{1003\}\}\}$	\emptyset		
	wi_2	$\{l_2, id_2, p1_2, p2_2\}$	$\{3, 1002, \{12, 11, 13, \{1001\}\}, \{12, 11, 13, \{1004\}\}\}$	wi_2	$\{l_2, id_2, p1_2, p2_2\}$	$\{3, 1002, \{12, 11, 13, \{1001\}\}, \{12, 11, 13, \{1004\}\}\}$
	wi_3	$\{l_3, id_3, p1_3, p2_3\}$	$\{2, 1003, \{55, 66, 78, \{1002\}\}, \{55, 66, 78, \{1005\}\}\}$	wi_3	$\{l_3, id_3, p1_3, p2_3\}$	$\{2, 1003, \{55, 66, 78, \{1002\}\}, \{55, 66, 78, \{1005\}\}\}$

В таблице 2 представлены следующие изменения:

- удален третий коннектор (c_3);
- четвертый коннектор (c_4) заменен на шестой коннектор (c_6);
- параметры четвертого коннектора (id_4, n_4) заменены на параметры шестого коннектора (id_6, n_6);
- удален первый жгут (wi_1);
- удалена обмотка (w_1);

- удалены два крепежа (f_1, f_2).

Данная модель может быть использована при разработке программного обеспечения для синхронизации конструкторской документации в ECAD и MCAD - системах.

Подобное программное обеспечение осуществляет изменения посредством построения сценария. В перспективе обработка сценария будет производиться не только при удалении и смене, но и по перемещению объектов в схеме самолетного электрожгута.

Основными рассматриваемыми элементами конструкторской документации являются компоненты, сегменты и обмотки. Крепления не могут рассматриваться как отдельный элемент, поэтому информация о них будет поступать в программное обеспечение в составе геометрических параметров о сегменте.

Среди отслеживаемых изменений также кроме удаления и добавления рассматриваются действия по отсоединению/присоединению сегмента к компоненту и различные варианты изменения объектов.

Заключение

В статье предложено использование скелетно-геометрической модели для синхронизации (интеграции) электронных моделей MCAD и ECAD, которая сделает возможной обратную совместимость и синхронизацию между MCAD и моделью электрожгута самолета ECAD и позволит реализовать параллельное проектирование и междисциплинарные методы.

Список литературы

1. Combettes S. et al. Weight Optimization of Aircraft Harnesses // *Advances on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems* / ed. Demazeau Y. et al. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. V. 155, p. 229-232.
2. Pornsing C. et al. A Soft Computing Approaches to the Complexity Management in Product Design: A Case Study of Automotive Wiring Harness Design // *International Conference on Engineering, Technology and Management 15 – 16, July' 2016, Singapore*.
3. Reeves B., Shipman F. Supporting communication between designers with artifact-centered evolving information spaces // *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work - CSCW '92*. Toronto, Ontario, Canada: ACM Press, 1992. P. 394–401.
4. Zhu Z. *Automatic 3D Routing for the Physical Design of Electrical Wiring Interconnection Systems for Aircraft*. Technische Universiteit Delft: Delft University of Technology, 2016.