

УДК 621.01

Д.П. ДРЯГИН

Сумской государственный университет, Сумы, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ КОНТУРОЗВЕННОСТИ

Выполнено множественно-топологическое исследование кинематических цепей с точки зрения существования закона строения механизмов. Рассмотрены операции дробления закономерных нуль-, моно- и диконтуров. Определены топологические характеристики основных видов кинематических цепей.

кинематическая цепь, контурозвенный анализ консервативных цепей, аннигиляция в цепях

Введение

Общая постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами. Структурный анализ кинематических цепей механизмов и машин, выполняемый на уровне существования закономерной контурозвенности, позволяет разработать универсальную контурозвенно-функциональную систему исследования и синтеза цепей с учетом факторов избыточной связности, подвижности и структурного качества, влияющих на надежность и себестоимость изделий.

Обзор публикаций и анализ нерешенных проблем. Существующая теория структуры цепей, основанная на незакономерной звенно-парной систематике [1], отражает весьма ограниченное количество признаков: замкнутость – незамкнутость и сложность – несложность. Применение контурозвенной закономерной систематики [2, 3] дает возможность выявить не только указанные внешние признаки существования цепей, которые и не требуют аналитического исследования, но также скрытые признаки, связанные с топологическим дроблением контуров-звеньев и с самозамыканием одноэлементной моноконтурной цепи. Выявление этих признаков является гарантией безошибочного функционального анализа цепей.

Цель исследования состоит в выявлении мно-

жества закономерных структурных компонент, знание которых необходимо для перехода к новым функциональным исследованиям кинематических цепей.

Результаты исследования

Кинематические цепи с учетом их закономерной контурозвенности будем рассматривать, прежде всего, как консервативные и неконсервативные.

Консервативная кинематическая цепь не содержит ни одной кинематической пары со свободным элементом.

Неконсервативная цепь должна содержать хотя бы одну кинематическую пару со свободным элементом.

Если с этой точки зрения оценить контуры-звенья нулевого, первого и второго классов [2, 3], т.е. нуль-, моно-, диконтуры, то заметим что нуль-контур всегда консервативен, а моноконтуры и диконтуры – неконсервативны.

Определим виды кинематических цепей, образующихся в результате операции дробления контуров-звеньев.

Под операцией дробления контура-звена будем понимать его расчленение на произвольно выбираемое множество частей при условии соединения этих частей при помощи кинематических пар.

Структурно-топологическое дробление нуля-контра показано на рис. 1.

В результате выполненной операции дробления нуля-контра получилась линейная консервативная кинематическая цепь, содержащая n звеньев и $(n-1)$ кинематических пар.

Контурозвенное деление образованной цепи выявим с помощью закона контурозвенности:

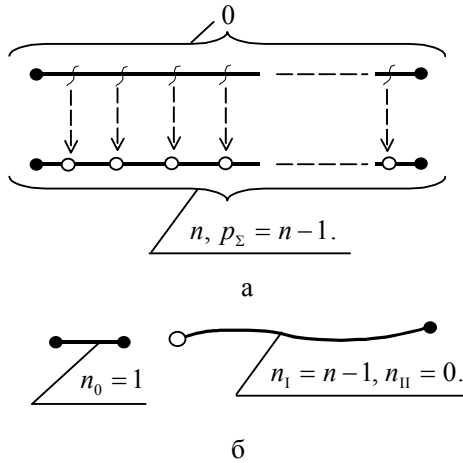


Рис. 1. Дробление нуля-контра

$$\begin{cases} n_I = 2 \cdot n - p_{\Sigma} = 2 \cdot n - (n-1) = \\ = n+1 = n' + 1 + 1; \\ n_{II} = p_{\Sigma} - n = (n-1) - n = -1 \end{cases} \quad (1)$$

$n_0 = 1$

Решение (1) указывает на необходимые и достаточные признаки существования нуля-контра во вновь образованной цепи. В то же время наблюдается существование моноконтурной одноэлементной линейной цепи примыкания, множество моноконтуров которой равно $n' = n_1 = n-1$ (рис. 1, б).

Структурное дробление нуля-контра не приводит к образованию диконтра, поэтому $n_{II} = 0$.

На рис. 2, а изображено структурно-топологическое дробление моноконтура.

Контурозвенно-топологический результат дробления моноконтура определится по закону контурозвенности [2] с учетом того, что получаемые множества звеньев n и кинематических пар p_{Σ} равны между собой:

$$\begin{cases} n_I = 2 \cdot n - p_{\Sigma} = 2 \cdot n - n = n; \\ n_{II} = p_{\Sigma} - n = n - n = 0. \end{cases} \quad (2)$$

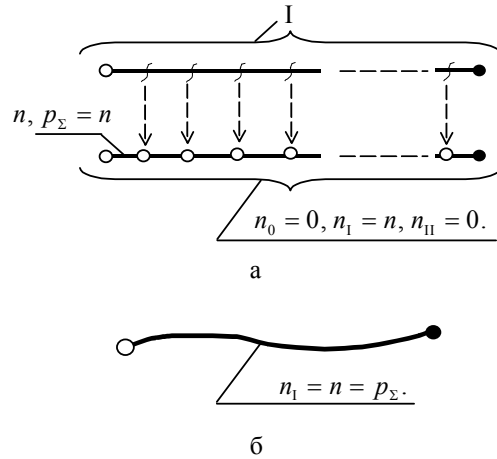


Рис. 2. Дробление моноконтура

Таким образом, структурное дробление моноконтура приводит к образованию линейной моноконтурной одноэлементной неконсервативной цепи примыкания, при этом множество операций дробления на единицу меньше множества кинематических пар полученной цепи, равно множеству образованных звеньев $p_{\Sigma} = n$.

Рис. 2, б отображает обобщенную стилизованную форму существования этой цепи.

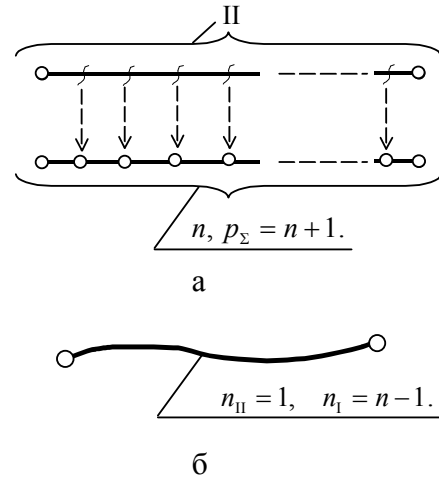
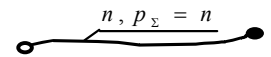
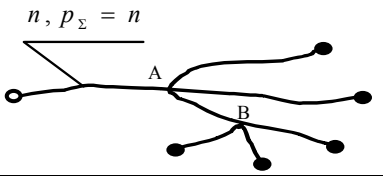
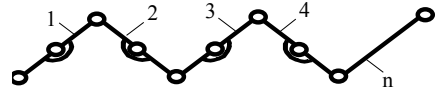
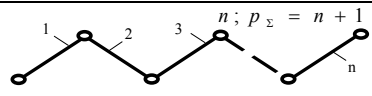
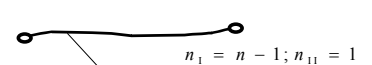
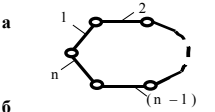


Рис. 3. Дробление диконтра

Дробление диконтра (рис. 3) указывает на образование двухэлементной неконсервативной цепи примыкания, всегда содержащей один диконтур, т.е. $n_{II} = 1$, а также множество моноконтуров

Таблица 1

Виды и контурозвенные характеристики кинематических цепей

Схема кинематической цепи	Название цепи	Топологическая характеристика цепи
а  б  $n, p_{\Sigma} = n$	Линейная моноконтурная кинематическая цепь. Варианты изображений а, б	Неконсервативная одноэлементная цепь примыкания: $p_{\Sigma} = n; n_I = n; n_{II} = 0; n_0 = 0$
 $n, p_{\Sigma} = n$	Разветвленная моноконтурная кинематическая цепь с двумя структурными узлами А и В	Неконсервативная одноэлементная цепь примыкания: $p_{\Sigma} = n; n_I = n; n_{II} = 0; n_0 = 0$
 $n; p_{\Sigma} = 2n$	Линейная диконтурная кинематическая цепь	Неконсервативная многоэлементная цепь примыкания: $p_{\Sigma} = 2n; n_I = 0; n_{II} = n; n_0 = 0$
а  б  $n; p_{\Sigma} = n + 1$ $n_I = n - 1; n_{II} = 1$	Линейная кинематическая цепь с одним диконтуром. Варианты изображений а, б	Неконсервативная двухэлементная цепь примыкания: $p_{\Sigma} = n + 1; n_I = n - 1; n_{II} = 1; n_0 = 0$
а  б  $n; p_{\Sigma} = n$	Структурное кольцо. Варианты изображений а, б	Консервативная замкнутая линейная моноконтурная кинематическая цепь: $p_{\Sigma} = n; n_I = n; n_{II} = 0; n_0 = 0$
а  б  $n_0 = 1; n_I = n - 1$	Линейная моноконтурная цепь с одним нуль-контуром. Варианты изображений а, б	Консервативная незамкнутая линейная кинематическая цепь: $p_{\Sigma} = n - 1; n_I = n - 1; n_{II} = 0; n_0 = 1$

$$n_I = n - 1,$$

где n – множество дроблений исходного диконтура.

Проверка по закону строения подтверждает полученный результат:

$$\begin{cases} n_I = 2 \cdot n - p_\Sigma = 2 \cdot n - (n + 1) = n - 1; \\ n_{II} = p_\Sigma - n = (n + 1) - n = 1. \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 3, б двухэлементная цепь примыкания изображена условно-стилизованно.

Заметим общую характеристику операции дробления нуль-, моно- и диконтуров, состоящую в том, что во вновь образованных цепях исходные контуры-звенья всегда сохраняются, и в каждом из трех рассмотренных случаев дополнительно образуются линейные моноконтурные кинематические цепи.

Линейная неконсервативная моноконтурная цепь примыкания, имеющая одно место присоединения свободного элемента кинематической пары (СЭКП) и один СЭКП, указывает на возможность топологической операции ее самозамыкания с образованием консервативной замкнутой одноконтурной цепи, которую будем называть структурным кольцом.

Нетрудно заметить, что топологические характеристики структурного кольца и линейной моноконтурной цепи одинаковы:

$$p_\Sigma = n; \quad n_I = n; \quad n_{II} = 0; \quad n_0 = 0.$$

Выполненное исследование видов кинематических цепей с точки зрения их закономерной контурозвенности позволяет сделать вывод о том, что основная совокупность этих видов весьма ограничена. Эта совокупность представлена в табл. 1.

Важной топологической характеристикой любой кинематической цепи является ее степень диконтурности, так как именно диконтурные предопределяют избыточную связность кинематических цепей механизмов и машин, которая влияет на их работоспособность, надежность и долговечность [3].

Результаты исследования, приведенные в таблице, позволяют однозначно определять топологические характеристики основных видов цепей, в том

числе и степень их диконтурности. Проверка правильности решений должна выполняться по формулам закона контурозвенности [2], который исключает возможность появления незакономерных компонент в составе кинематических цепей.

Выводы

1. Структурное дробление закономерных нуль-, моно- и диконтуров сохраняет эти контуры-звенья и при этом дополнительно образуются одноэлементные линейные моноконтурные цепи и двухэлементные линейные моноконтурно-диконтурные цепи. Одно и двухэлементные цепи всегда неконсервативны.
2. Структурное кольцо консервативно и моноконтурно.
3. Моноконтурные цепи, как линейные, так и разветвленные, всегда одноэлементны.
4. Диконтурные линейные и разветвленные цепи - многоэлементны.
5. Двухэлементная линейная моноконтурно-диконтурная цепь всегда содержит один диконтур и определенное множество моноконтуров, которое не может быть пустым.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов. – М.: Наука, 1967. – 720 с.
2. Дрягин Д.П. Закон строения механизмов // Вісник Сумського державного університету. – 1999. – № 2 (13). – С. 79-80.
3. Дрягін Д.П. Будова механізмів. Нові методи структурного аналізу та синтезу. – Суми: Вид-во СумДУ, 2001. – 67 с.

Поступила в редакцию 14.09.2005

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В.Г. Неня, Сумской государственной университет, Сумы.