

2. ОСНОВНЫЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Применение теории графов облегчает составление уравнений, описывающих схему, — позволяет формально составить необходимое количество независимых уравнений.

Любая электрическая схема с сосредоточенными параметрами представляет собой совокупность ветвей с различными двухполюсниками (в нашем курсе мы изучаем только двухполюсные элементы), соединённых каким-то способом.

Место, где сходятся три и более двухполюсника, называется *узлом* (см. рис. 2-1) (место соединения двух и более элементов в системах автоматизированного моделирования называется *точкой*).

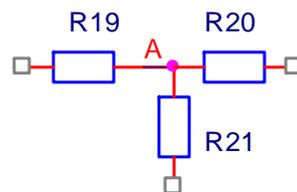


Рис. 2-1. Узел в схеме (А)

Если двухполюсники соединены друг за другом без ответвлений, то такое их соединение называется *последовательным* (см. рис. 2-2, а); свойство элементов в последовательном соединении — через них протекает одинаковый ток. Один или несколько соединённых последовательно двухполюсников, находящихся между двух узлов, называются *ветвью схемы*. Если несколько ветвей (в том числе состоящих из одного элемента) подсоединены к одной паре узлов, то такое их соединение называется *параллельным* (см. рис. 2-2, б); свойство ветвей в параллельном соединении — на них падает одинаковое напряжение.

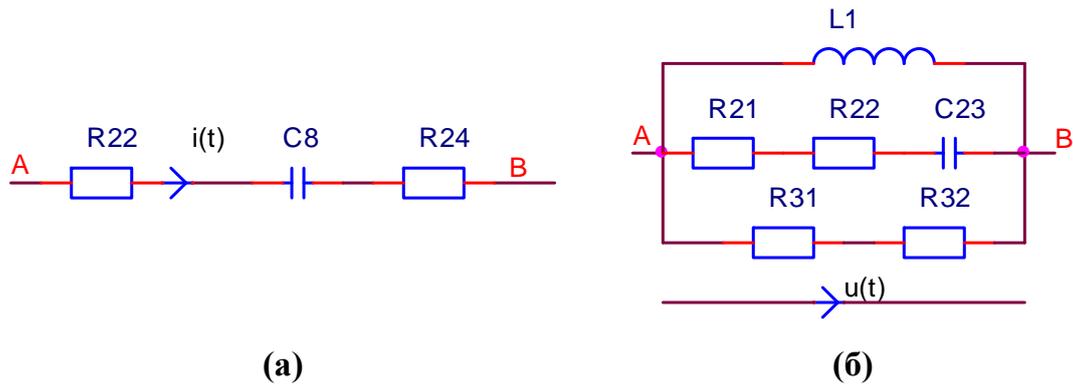


Рис. 2-2. Последовательное соединение элементов (а) и параллельное соединение ветвей (б)

*Графом схемы (полным) называется условно-графическое изображение (всей) схемы, в котором ветви заменены отрезками линий, называемыми ветвями графа; это скелет схемы. Граф со стрелками, обозначающими направления тока, называется *ориентированным графом* (см. рис. 2-3). *Подграфом* называется любая часть графа (в том числе имеющая разрывы, в том числе изолированный узел или ветвь).*

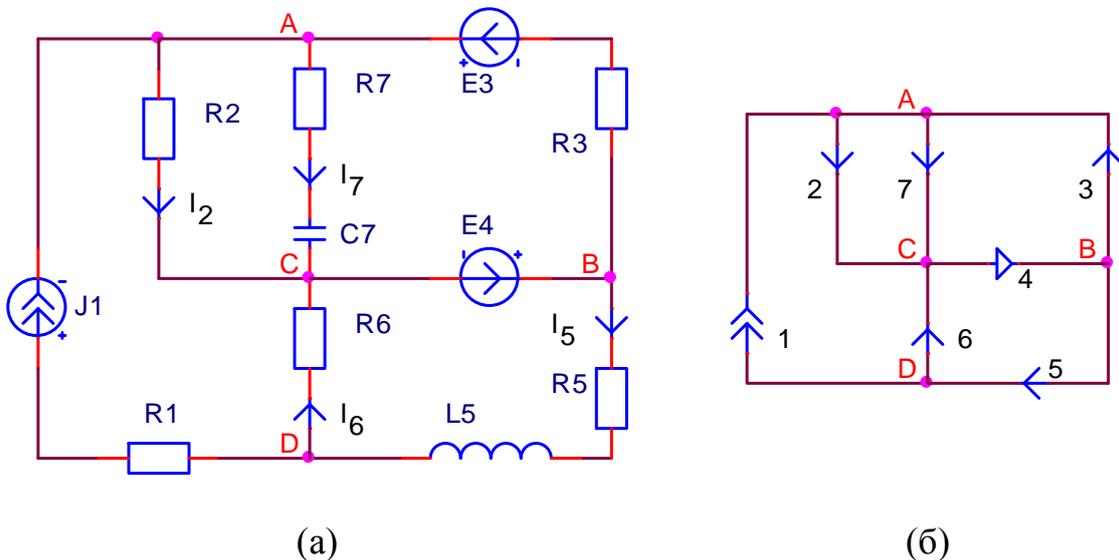


Рис. 2-3. Электрическая схема (а) и её ориентированный граф (б) (стрелками помечены направления ветвей)

Замечание: при построении ориентированного графа электрической схемы особо отмечают ветви с известным током, например содержащие

источники тока, и ветви содержащие только источники э. д. с. (см. рис. 2-3, б)

Модель схемы рис. 2-3 для статического режима и её ориентированный граф представлены на рис. 2-4.

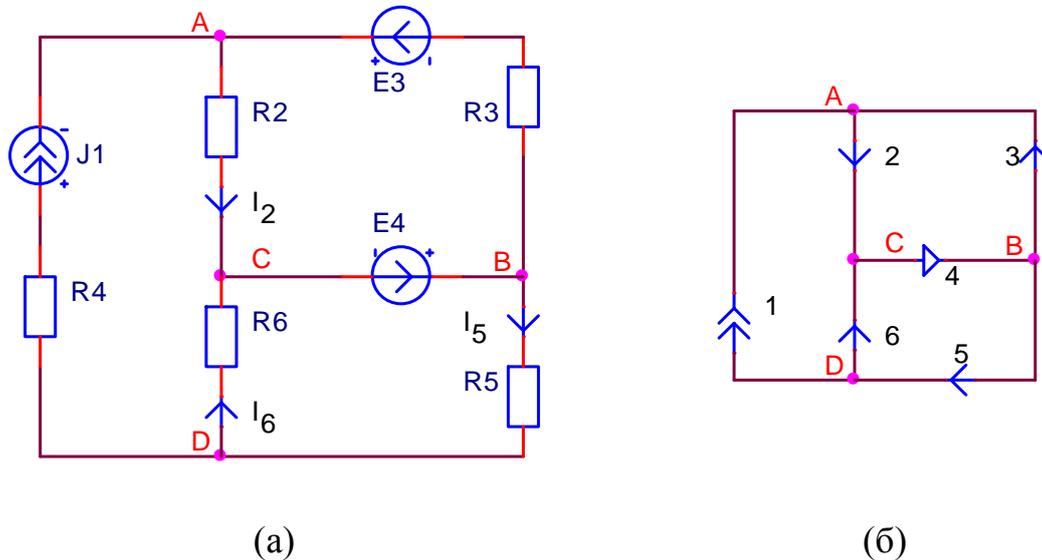


Рис. 2-4. Модель схемы рис. 2-3 для статического режима (а) и её ориентированный граф (б) (стрелками помечены направления ветвей)

Путь – это упорядоченная последовательность ветвей, в которой каждые две соседние ветви имеют общий узел, причём любая ветвь и любой узел встречаются в нём только один раз (см. рис. 2-5, а). Если в графе между любой парой узлов есть путь (т. е. граф не имеет разрывов), то такой граф называется *связным* (см. рис. 2-5, в).

Деревом графа называется связный подграф, содержащий все узлы схемы, и не имеющий контуров (см. рис. 2-6). Ветви графа, дополняющие дерево графа до полного графа, называются *ветвями связи* (см. рис. 2-6). Для схемы можно составить несколько разных деревьев, но в дерево не должны включаться события ветви (ветви с известным током и ветви, содержащие только источники э. д. с.). Заметим, что если к дереву пристыковать любую ветвь связи, то получится замкнутый контур, причём только один.

Сечением графа называется такое подмножество ветвей графа, удаление которых делит граф на два несвязных подграфа (см. рис. 2-7, а, б) (слово «несвязных» в данном определении означает «не имеющих общих элементов: узлов и ветвей»).

Главное сечение – сечение, которое включает в себя только одну ветвь дерева (остальные ветви главного сечения – это ветви связи) (см. рис. 2-7, в, г, д). За *направление главного сечения* принимают направление тока во входящей в его состав ветви дерева. Главное сечение обозначают буквой S с индексом, соответствующим номеру ветви дерева, входящего в главное сечение.

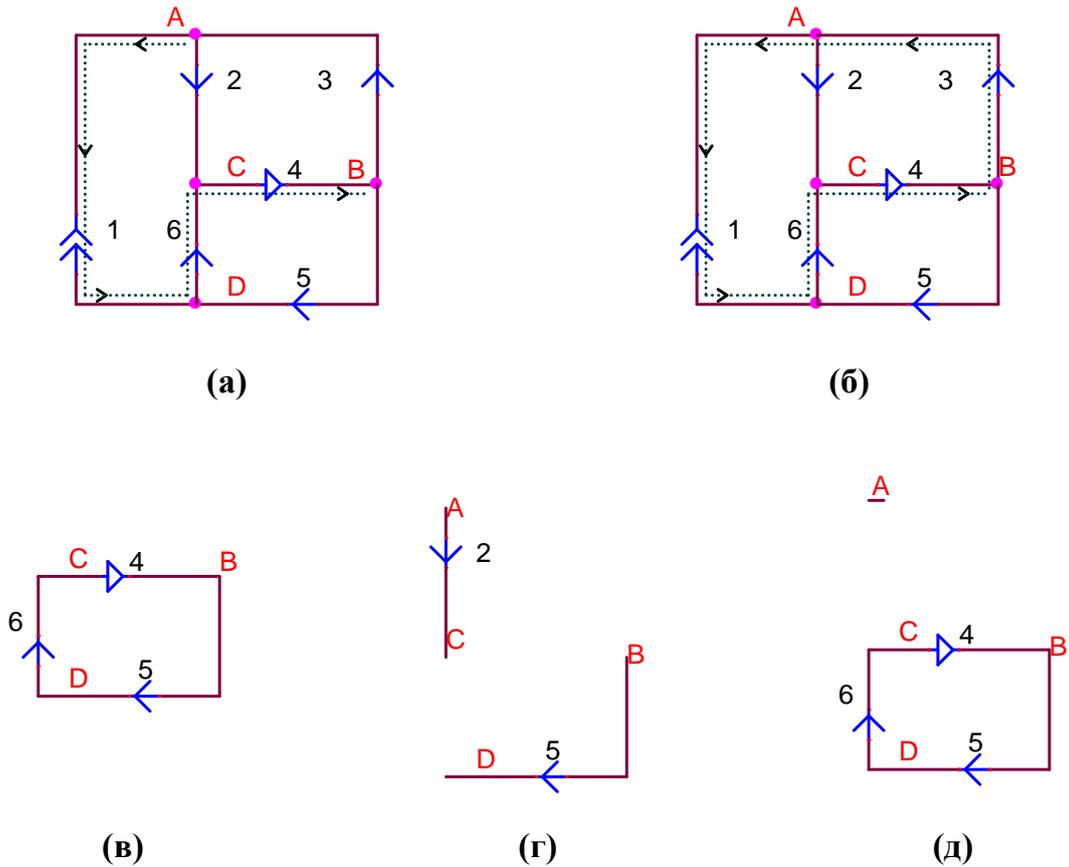


Рис. 2-5. Примеры пути A→B (а), контура (б), связного (в) и несвязного (г, д) подграфа в графе рис. 2-4, б

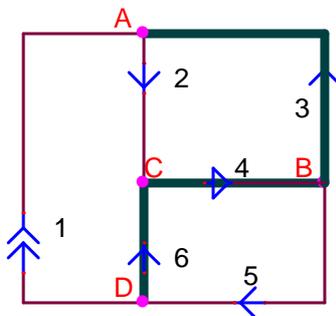
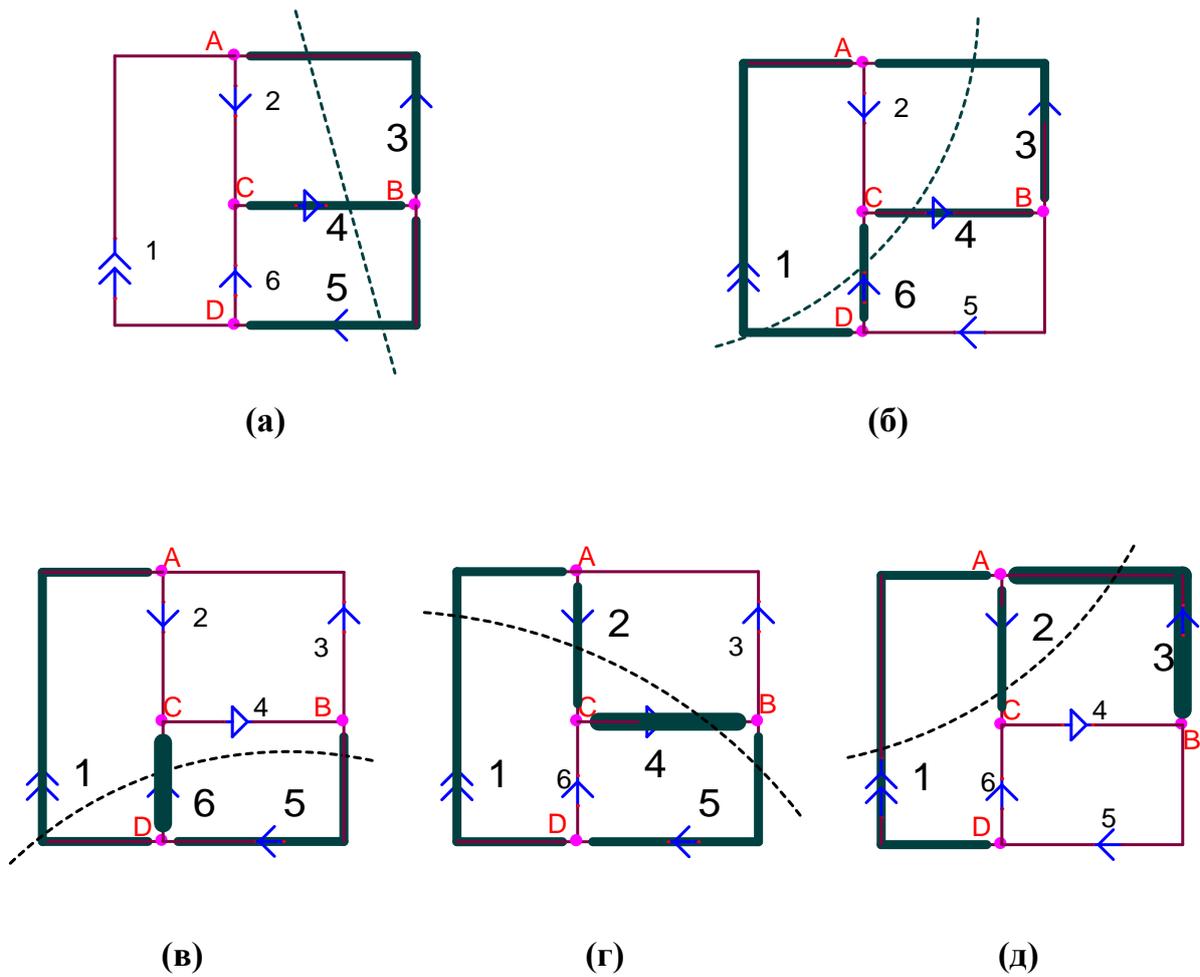


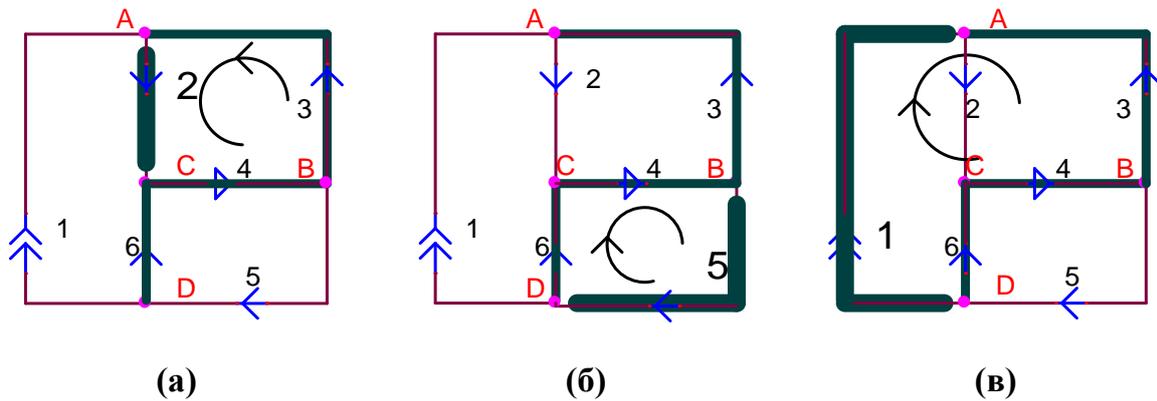
Рис. 2-6. Пример дерева графа (толстые линии) и ветвей связи (тонкие)



**Рис. 2-7. Примеры сечений (а, б) графа рис. 2-6;
 все главные сечения (в, г, д) графа рис. 2-6: S_6, S_4, S_3
 (ветви главного сечения помечены толстыми линиями;
 ветвь дерева, определяющая главное сечение, очень толстой линией)**

Контур – это замкнутый путь, в котором один из узлов является начальным и конечным (см. рис. 2-5, б).

Главный контур – это контур, в который входит только одна ветвь связи (все остальные ветви главного контура – это ветви дерева). За направление обхода главного контура принимают направление тока в его ветви связи (см. рис. 2-8). Главный контур обозначают буквой К с индексом, соответствующим номеру ветви связи, входящей в главный контур.



**Рис. 2-8. Примеры главных контуров графа: K_2 , K_5 , K_1
(ветви дерева помечены толстыми линиями;
ветвь связи, определяющая главный контур, очень толстой линией)**

Все ветви схемы, таким образом, разделяются на ветви дерева и ветви связи. Для каждой ветви дерева строится своё главное сечение, для которого составляется одно уравнение по первому закону Кирхгофа. Для каждой ветви связи строится свой главный контур, для которого составляется одно уравнение по второму закону Кирхгофа. Неизвестными при анализе схемы являются токи ветвей. Следовательно, при таком способе составления уравнений каждое уравнение содержит одно новое неизвестное, и вся система становится независимой.