

$EMV(F) = 0,3 \times 500 + 0,7 \times (-250) = -25$  - записываем над узлом F.

$EMV(G) = 0$ .

В узле 4 происходит выбор между участием в проекте ( $EMV(F) = -25$ ) и неучастием в нем ( $EMV(G) = 0$ ):  $EMV(4) = \max \{EMV(F), EMV(G)\} = \max \{-25, 0\} = 0 = EMV(G)$  – записываем оценку над узлом 4, а решение об участии в проекте отбрасываем.

Аналогично:

$EMV(B) = 0,8 \times 500 + 0,2 \times (-250) = 400 - 50 = 350$ .

$EMV(C) = 0$ .

$EMV(2) = \max \{EMV(B), EMV(C)\} = \max \{350, 0\} = 350 = EMV(5)$ . Поэтому в узле 2 отбрасываем возможное решение об игнорировании проекта.

$EMV(D) = 0,1 \times 500 + 0,9 \times (-250) = 50 - 225 = -175$ .

$EMV(E) = 0$ .

$EMV(3) = \max \{EMV(D), EMV(E)\} = \max \{-175, 0\} = 0 = EMV(E)$ . Поэтому в узле 3 отбрасываем возможное решение об участии в проекте.

$EMV(A) = 0,7 \times 350 + 0,3 \times 0 - 40 = 205$ .

$EMV(1) = \max \{EMV(A), EMV(4)\} = \max \{205, 0\} = 205 = EMV(A)$ . Поэтому в узле 1 отбрасываем возможное решение об отказе от первоначальной реконструкции основной производственной линии.

Ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения равна 205 млн. рублей.

Таким образом, наиболее оптимальным решением является первоначальная реконструкция основной производственной линии предприятия. После чего при эффективности произведенной реконструкции производится дальнейший капитальный ремонт предприятия, в противном случае – участие в проекте прекращается.

Как известно, решение не всегда принимается при наличии полной информации, т.е. в условиях неопределенности. Поэтому метод «дерева решений» позволяет свести влияние неопределенности на принятие оптимального решения к минимуму. Чаще всего это происходит при решении новых, нетипичных проблем, когда требующие учёта факторы настолько новы и сложны, что о них невозможно получить достаточно информации. В такой ситуации можно попытаться получить дополнительную информацию и ещё раз проанализировать проблему с целью уменьшить её новизну и сложность либо полагаться на прошлый опыт и интуицию.

УДК 621.3.049.73.75:001.2(024)

## УЧЁТ КОНФИГУРАЦИИ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В ПРОЦЕССЕ ПОСТРОЕНИЯ ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

**Шандриков Анатолий Сергеевич**

*УО «Витебский государственный политехнический колледж», г. Витебск*

Проектирование современных радиоэлектронных средств (РЭС) с многоуровневой конструктивной иерархией осуществляется с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР), что предполагает применение математических моделей принципиальных электрических схем. На этапе компоновки в качестве таких моделей используется граф  $G = (X, U)$ , в котором множество вершин  $X$  заменяет множество радиоэлектронных компонентов (РЭК), а множество рёбер  $U$  – электрические связи между ними в соответствии с принципиальной электрической схемой [1, 2].

В процессе построения графа принципиальной электрической схемы полные подграфы, интерпретирующие электрические узлы, заменяются связывающими деревьями пу-

тём удаления «лишних» рёбер, количество которых определяется цикломатическим числом. Далее решение задачи компоновки сводится к разрезанию полученного графа на куски с заданным количеством вершин в кусках.

Одним из основных критериев качества результатов компоновки РЭС является минимум внешних связей между сформированными кусками или коэффициент разрезания графа, определяемый по формуле:

$$D(G) = UL_{ij}/K,$$

где  $UL_{ij}$  – суммарное количество связей между вершинами внутри сформированных кусков графа (внутренних связей);  $K$  – количество связей между сформированными кусками графа (внешних связей).

Повысить в некоторой степени оптимальность результата можно ещё на этапе построения математической модели проектируемого РЭС, точнее, на этапе построения связывающих деревьев полных подграфов электрических узлов принципиальной электрической схемы. Каждый полный подграф заменяется любым из  $d = n^n - 2$  возможных вариантов связывающих деревьев. Любой из числа  $d$  вариантов связывающих деревьев будет эквивалентным с точки зрения требований дискретной математики к связности подграфа и отсутствию в нём циклов. По этой причине выбор конкретного варианта связывающего дерева чаще всего осуществляется произвольно, без какой-либо предварительной оценки последующих результатов разрезания графа независимо от наличия или отсутствия накладываемых технологических ограничений. Это объясняется неочевидностью влияния выбранного варианта связывающего дерева на получение оптимальных результатов разрезания графа, отсутствием пояснений по данному вопросу в литературных источниках [1, 2] и в их библиографических описаниях.

В большинстве случаев принципиальная электрическая схема РЭС содержит некоторое количество групп РЭК, имеющих между собой более одной связи, например, в случае параллельного соединения и т.п. Очевидно, что оптимальной компоновкой РЭС будет та, в результате которой параллельно соединённые РЭК окажутся в одном модуле, например, на одной плате. Для оптимизации результатов решения задач разрезания и размещения графа необходимо анализировать возможные варианты связывающих деревьев и выбирать наиболее подходящий вариант в каждой конкретной ситуации [3].

Рассмотрим зависимость результатов разрезания графа от выбранного варианта конфигурации связывающих деревьев в узлах параллельного соединения РЭК.

В качестве примера на рис. 1 представлен упрощённый вариант принципиальной электрической схемы звукового сигнализатора [4]. Предположим, что звуковой сигнализатор необходимо скомпоновать в три блока по 5, 6 и 7 РЭК при отсутствии каких-либо технологических ограничений, и для решения данной задачи построим математическую модель в виде графа.

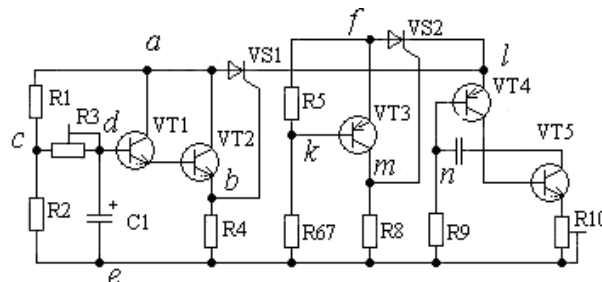
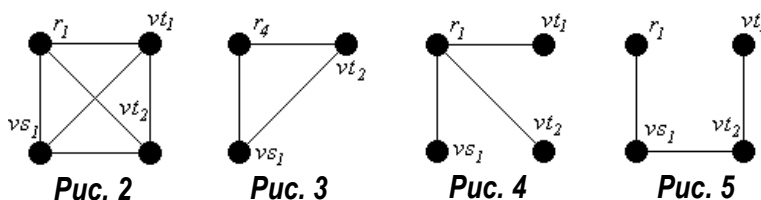


Рисунок 1

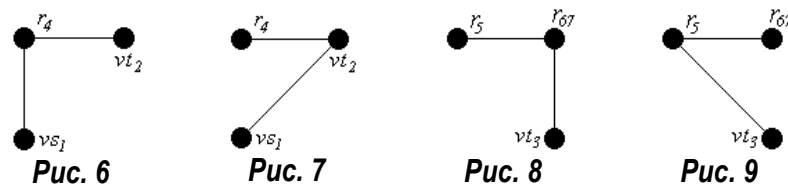


В данной принципиальной электрической схеме транзисторы VT1, VT2 и тиристор VS1 имеют по два соединения: транзистор VT2 и тиристор VS1 соединены в узлах *a* и *b*. Коллекторы транзисторов VT1 и VT2 соединены в узле *a*, а эмиттер транзистора VT1 связан с базой транзистора VT2 отдельной ветвью. Полные подграфы узлов *a* и *b* представлены на рис. 2 и 3 соответственно.

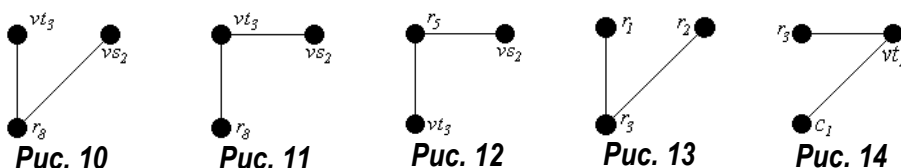
Для узла *a* из 16 возможных могут быть выбраны любые варианты связывающих деревьев, но мы рассмотрим только два из них: первый вариант – случайный, вершины *vt1*, *vt2* и *vs1*, интерпретирующие транзисторы VT1 и VT2 и тиристор VS1, не соединены маршрутом и второй вариант – проанализированный, когда эти вершины соединены маршрутом. Первый и второй варианты связывающих деревьев для подграфа  $G_a$  узла *a* представлены на рис. 4 и 5 соответственно.

Аналогично, для узла *b* в одном из вариантов связывающего дерева может отсутствовать связь между вершинами *vt2* и *vs1* (первый вариант, рис. 6), а может быть, и сохранена (второй вариант, рис. 7).

Сходная ситуация характерна и для попарно соединённых в узлах *f*, *k* и *m* резистора R5, транзистора VT3 и тиристора VS2. Резистор R5 и тиристор VS2 одной связью соединены в узле *k*. Первый вариант связывающего дерева для подграфа  $G_k$  при отсутствии ребра  $u(r_5, vt_3)$ , представлен на рис. 8, а второй, проанализированный, вариант, т.е. с сохранённым ребром  $u(r_5, vt_3)$  – на рис. 9.



Соответственно, первый (случайный) и второй (проанализированный) варианты связывающего дерева для подграфа  $G_m$  узла *m* представлен на рис. 10 и 11.



Узел *f* отличается от всех рассмотренных узлов тем, что в нём соединены только те РЭК, которые имеют между собой параллельное соединение, поэтому все рёбра в полном подграфе  $G_f$  узла *f* равноценны, т.е. нет вариантов связывающих деревьев, среди которых в результате анализа можно было бы выделить лучший. В этом случае можно удалить любое ребро и рассматривать только один вариант связывающего дерева подграфа  $G_f$ , например, представленный на рис. 12.

Для подграфов  $G_c$  и  $G_d$  анализ возможных вариантов связывающих деревьев особого значения не имеет. При сохранении в подграфе  $G_c$  ребра  $u(r_1, r_3)$  и выбранном «лучшем» варианте связывающего дерева для узла *a* (рис. 5) возрастает вероятность распределения резистора R1 в один блок с резистором R3, транзисторами VT1 и VT2 и тиристором VS1. В противном случае, в одном блоке с транзисторами VT1 и VT2, резистором R3 и конденсатором C1 может оказаться резистор R2. Количество внешних связей между

сформированными блоками при этом не изменяется, поэтому достаточно выбрать любой возможный вариант. Аналогичная ситуация складывается и в узле  $d$ . Варианты связывающих деревьев для подграфов  $G_c$  и  $G_d$  представлены на рис. 13 и 14.

Подграф  $G_e$  узла  $e$  содержит наибольшее количество вершин. Один из возможных «случайных» вариантов связывающего дерева этого подграфа представлен на рис. 15.

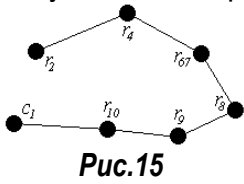


Рис. 15

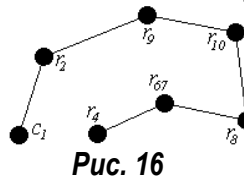


Рис. 16

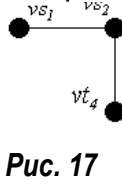


Рис. 17

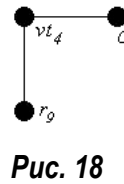


Рис. 18

Учитывая заданное условие компоновки и конкретную конфигурацию принципиальной электрической схемы звукового сигнализатора «разрыв» в

дереве целесообразно оставить между вершинами  $c_1$  и  $r_4$  (рис. 16) или между вершинами  $r_8$  и  $r_9$ .

Для узлов  $l$  и  $n$  любые варианты связывающих деревьев будут равнозначными, как, например, представленные на рис. 17 и 18.

По результатам построения «случайных» вариантов связывающих деревьев для каждого электрического узла схемы был сформирован граф  $G^{(1)}$ , представленный на рис. 19. На рис. 20 представлен граф  $G^{(2)}$ , построенный с учётом конфигурации соединений принципиальной электрической схемы.

Как видно из рис. 20, учёт связей между параллельно соединёнными РЭК в каждом электрическом узле схемы приводит к построению мультиграфа  $G^{(2)}$ .

Результаты разрезания сформированных графов  $G^{(1)}$  и  $G^{(2)}$  на куски  $G_1$ ,  $G_2$  и  $G_3$ , содержащие  $n_1 = 5$ ,  $n_2 = 6$  и  $n_3 = 7$  вершин, представлены на рис. 21 и 22 соответственно.

Коэффициенты разрезания графов:  $D(G^{(1)}) = 16/13 = 1,23$ ;  $D(G^{(2)}) = 21/8 = 2,63$ .

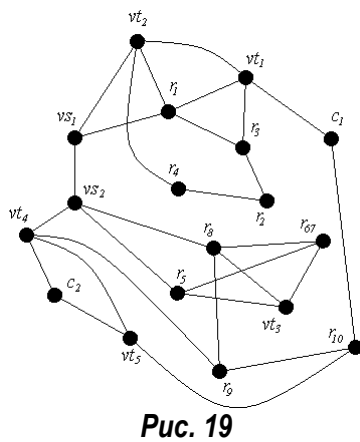


Рис. 19

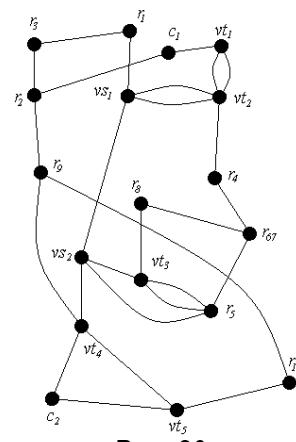


Рис. 20

Разрезание графов  $G^{(1)}$  и  $G^{(2)}$  осуществлялось с использованием последовательного алгоритма формирования заданных кусков. Этот алгоритм отличается высокой производительностью, но в большинстве случаев результаты его работы не оптимальны [1, 2].

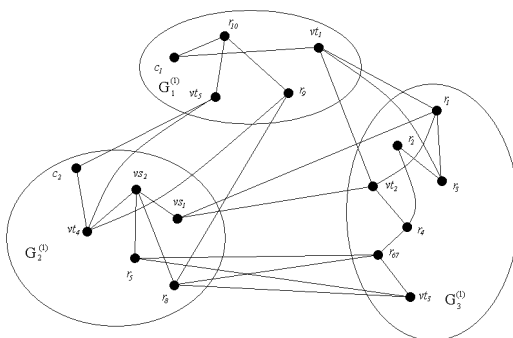


Рис. 21

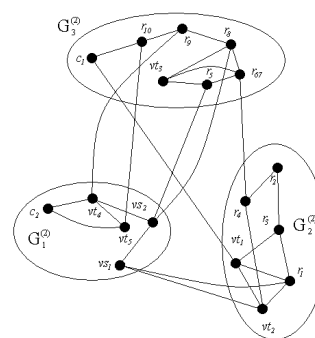


Рис. 22

В результате разрезания графов  $G^{(1)}$  и  $G^{(2)}$  с использованием наиболее эффективного современного алгоритма [5] были получены коэффициенты разрезания  $D(G^{(1)}) = 19/10 = 1,9$ ;  $D(G^{(2)}) = 24/5 = 4,8$ . Количество внешних связей между кусками графа  $G^{(2)}$  в обоих случаях на пять рёбер меньше, чем между кусками графа  $G^{(1)}$ .

В результате многократных исследований было установлено, что обработка инвариантных моделей принципиальных электрических схем в виде графа обеспечивает различающиеся по количеству внешних связей результаты компоновки независимо от выбранного метода разрезания графов. На основании этого можно сделать вывод: при построении математической модели принципиальной электрической схемы необходимо учитывать реальную конфигурацию связей между РЭК.

### Литература

1. Методы разбиения схем РЭА на конструктивно законченные части / К.К. Морозов [и др.]; под ред. К.К. Морозова. – М.: Сов. радио, 1978. – 136 с., ил.
2. Применение графов для проектирования дискретных устройств / А.Н. Мелихов [и др.]. – М.: Наука, 1974. – 304 с., ил.
3. Шандриков А.С. Особенности построения графа принципиальной электрической схемы, влияющие на результаты компоновки РЭС / А.С. Шандриков // Современная радиоэлектроника: научные исследования, подготовка кадров: материалы международной научно-практической конференции: в 3 ч. Ч 1, Минск, 20-21 апреля 2006 г. / Минский государственный высший радиотехнический колледж. – Мн.: 2006. – С. 354-358.
4. Кац, Л. Звуковой сигнализатор предельных режимов автомобиля: сборник. Вып. 102 / сост. В.А. Никитин – М.: ДОСААФ, 1988. – С. 59-63.
5. Шандриков, А.С. Алгоритм разрезания графа методом последовательного назначения вершин в формируемые куски / А.С. Шандриков // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя П.М. Машэрава. – 2005. – № 4(38). – С. 111-118.

УДК 556.166

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

*Шелест Т.А.*

*УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест*

Дождевые паводки представляют одно из опасных гидрологических явлений, которые, в отличие от весенних половодий, не приурочены к какому-либо сезону года. Они возникают внезапно и развиваются стремительно, нередко причиняют ущерб экономике республики, особенно сельскому хозяйству. Паводки отмечаются во многих регионах земного шара. Проблема паводков является весьма актуальной и для территории Беларуси, особенно для ее южной части – Полесья. Неглубокое залегание грунтовых вод, плоский, практически без уклонов, рельеф создают условия, при которых даже относительно небольшие дожди вызывают затопления в понижениях поймы.

Максимальные расходы воды паводков относятся к категории наиболее сложных для исследования и обобщения гидрологических характеристик. Это связано с нерегулярностью и быстротечностью прохождения паводков, а также с тем, что они бывают неожиданными и распространяются по территории очень дискретно, захватывая часто лишь небольшие площади. Все это затрудняет прогнозирование и минимизацию негативных последствий от их воздействий.