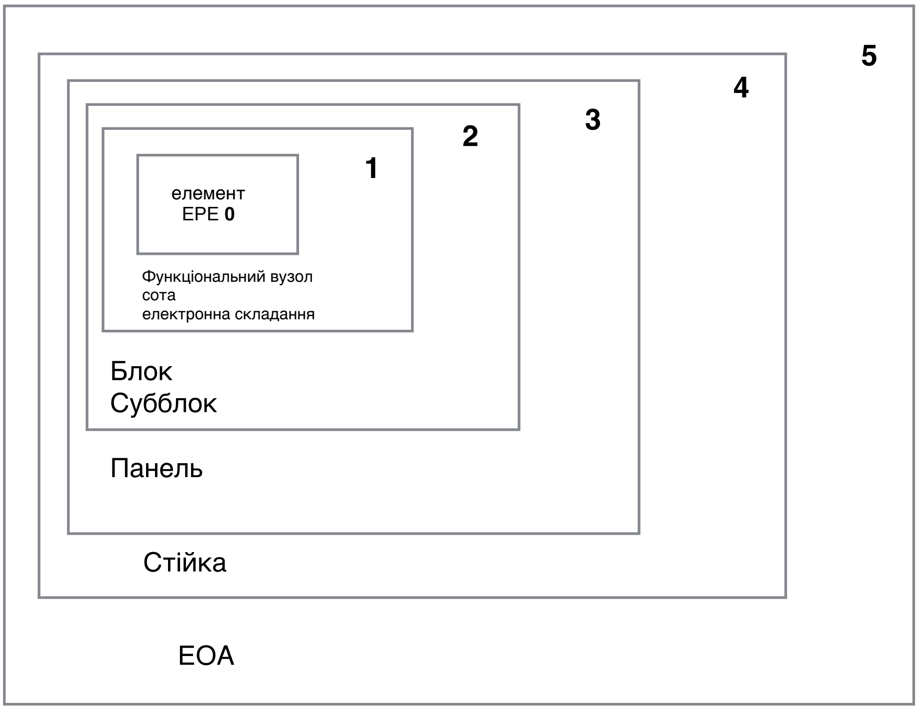
Моделі схем електронних пристроїв

1. Комутаційна схема (КС)
2. Опис КС графами
3. Опис КС матрицями



Ієрархія конструктивно-функциональних модулів

Задачі конструкторського проектування належать до класу комбінаторних оптимізаційних задач.

Кожен функціональний вузол, згідно ієрархічній моделі, характеризується своєю схемою: структурною, функціональною, принциповою електромонтажною, і т.д., кінематичною.

Будь-яка схема функционального вузла, пристрою, ЕОС, ЕОА, ЕОМ (структурна, функциональна, принципова, або електромонтажна) складається з **множини елементів** $X=\left\{x_1,\ x_2,\ldots,x_i,\ldots x_n\right\}$, де $i=\overline{1,n}$.

Нумерація наскрізна.Елементи по рівням конструкторської ієрархії.
Принципова схема. Включаючи дискретні компоненти: R, C, VD, P , ….

Множина елементів зв'язана між собою, згідно схеми, множиною електронних ланцюгів $V=\left\{v_1,\ v_2,\ldots,v_j,\ldots v_m\right\}$, де $j=\overline{1,m}$.

Нумерація наскрізна.Наскрізна нумерація зручна при трасируванні.

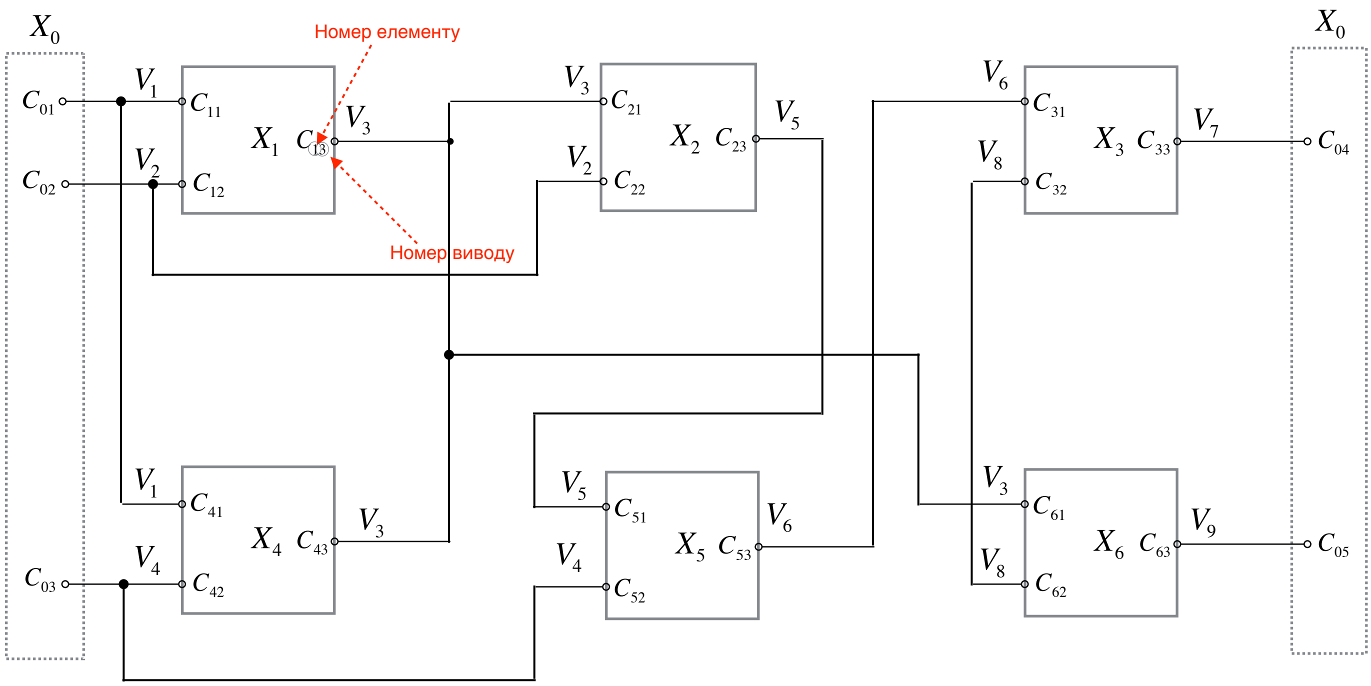
Кожен елемент X_i схеми $x_i \in X$, $i=\overline{1,n}$ має деяку множину виводів (*кількість виводів у компонентів різна: R,C = 2; VT= 3, 4; IMC = 14, 16 …*):

$C_i=\left\{c_{i1},\ c_{i2},\ldots,c_{il},\ldots c_k\right\}$, де $j=\overline{1,m}$.

Які разом з множиною зовнішніх виводів схеми C_0 утворюють множину з'єднувальних виводів схеми $C=\bigcup_{i=0}^{n} C_i$

Таким чином уявлення схеми пристрою у вигляді множини елементів $\{X\}$, множини електричних ланцюгів $\{V\}$ та множини з'єднувальних виводів $\{C\}$ називається **комутаційною схемою** (**КС**).

Приклад комутаційної схеми



Рекомендації:
- пронумерувати КЕ
- пронумерувати виводи КЕ
- пронумерувати ланцюги

Елементи пронумеровані по порядку незалежно від типу (майте на увазі, що перелік компонентів пронумерований по типам у вашому КП).

* Нумерація елементів наскрізь, а не по типам елементів, як ви робили при побудові схеми електричної принципової

X_0 - роз'єм

$C_{01} \div C_{05}$ - множина зовнішніх виводів (блоку, панелі та ін)

$X_1, \ldots, X_5$ - множина елементів КС

$C_{11}, \ldots, C_{63}$ - множина виводів елеменів

$V_1, \ldots, V_5$ - множина ланцюгів

Введемо визначення та параметри для КС
В КС електричний ланцюг $v_j \in V \ \ j = \overline{1, m}$ об'єднує деяку множину виводів $c_{il} \in C$, що належать одному або різним елементам.

В ваших схемах були ІС, в яких були з'єднані декілька виводів одним ланцюгом. На нашій КС таких ланцюгу немає. але є декілька ланцюгів, що з'єднують виводи різних елементів:
$V_3 \to C_{13}, C_{21}, C_{43}, C_{61}$
$V_5 \to C_{23}, C_{51}$

Якщо є елемент, у якого виводи з'єднані електричним ланцюгом, то його необхідно обозначити V_f . Тоді $V_f \to C_{lp} C_{lw}$

Сукупність еквіпотенціальних виводів, що належать одному електричному ланцюгу, називається **комплексом** ρ (*можна сказати так: елетричний ланцюг об'єднує деяку підмножину виводів елементів*).

Число виводів в комплексі визначає розмір комплексу ρ_i . $\rho = \left\{ \rho_1, \ \rho_2, \ldots, \rho_j, \ldots \rho_m \right\}$
Для нашого прикладу КС: $\rho = \left\{ 3, \ 3, 4 \ \ldots \ \ \right\}$

Враховуючи взаємооднозначне співвідношення між множиною компонентів та множиною електричних ланцюгів, будемо їх обозначати однаково:

$$v_j \in V \ \ j = \overline{1, m}\,; \rho_j \in \rho \ \ j = \overline{1, m}$$

Множина комплексів (електричних ланцюгів) $V = \left\{ v_1, \ v_2, \ldots, v_j, \ldots v_m \right\}$ представляє собою **розбиття** множини виводів *C* на перетинаючі підмножини (класи еквівалентності).

Умови розбиття:

1. *Якщо* $\left(\forall v_j \in V \right)$ *то* $\left[\ v_j \neq 0 \right]$. Кожен ел. ланцюг включає кінцеве число виводів.
2. *Якщо* $\left(\forall v_i, v_j \in V \right)$ *то* $\left[\ v_i \bigcap v_j = 0 \right]$. Різні ел. ланцюги не повинні включати виводи, що не входять до них. Або виводи, що належать різним ел ланцюгам електрично між собою не зв'язанні.

Один з параметрів КС визначає загальну кількість з'єднаних виводів в схемі

$$K = \sum_{i=0}^{n} k_i \geq \sum_{j=1}^{m} \rho_i$$

k_i - кількість з'єднувальних виводів елемента $x_i \in X$
n - кількість елементів
m - кількість комплексів (ел ланцюгів)
ρ_i - розмір j-го комплексу

Можна сказати так: в комплекс (ел ланцюг) входять **елементи** через свої **виводи**. Тоді елементним комплексом $v_i^{'}$ називається підмножина елементів $x_i \in X$, з'єднаних ланцюгом $v_j \ j = \overline{1, m}$ (*ми матрицю зв'язку заповнюємо так* $x_i \to v_j$).
Кількість елементів в комплексі $v_i^{'}$ називається **розміром елементного комплексу** $\rho_j^{'}$ **.**
$\rho_j^{'} \geq 1$(фізично). При $\rho_j^{'} = 1$ ланцюг v_j з'єднуе виводи одного і того елемента.

Завжди $\rho_j \ge \rho_j^{'}$:

- фізика
- в комплекс виводів завжди входить більше ніж елементів

Конструктивна реалізація ел ланцюга називається монтажним з'єднанням а безпосереднє з'єднання двох виводів - елементарним з'єднанням.

Для зрівнення різних схем за складністю використовують поняття зв'язність схеми ***S***.

$$S = \sum_{j=1}^{m} \left(\rho_j^{'} - 1 \right)$$

$$S = \sum_{j=1}^{m} \rho_j^{'} - m$$

кількість ел ланцюгів

Сума елементних комплексів

Серед різних варіантів опису КС найбільшою наглядністю відрізняється опис у вигляді графів

Опис КС у вигляді графу

У загальному випадку граф КС (**ГКС**) містить вершини трьох типів: **X**, **V**, **C** та ребра двох типів: **F**, **W**.
F - елементні ребра
W -сигнальні ребра

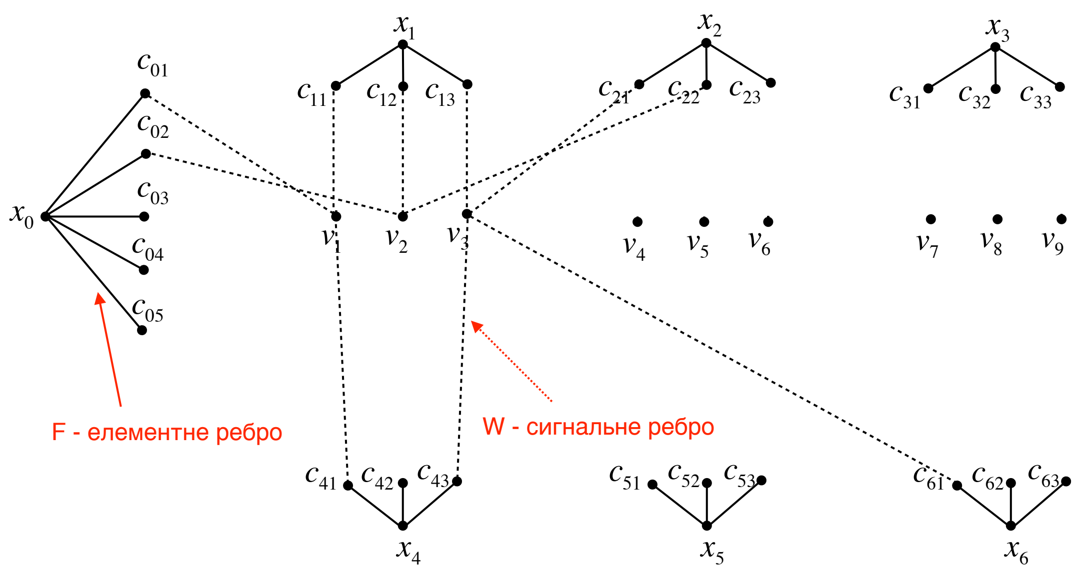
Таким чином ГКС:

$$G_{GKS} = \{X, V, C, F, W\}$$

Нагадаємо:

1. Вершини $x_i \in X \ i = \overline{1,n}$ відповідають елементам схеми
2. Вершини $v_j \in V \ j = \overline{1,m}$ відповідають ланцюгам (комплексам) схеми
3. Вершини $c_l \in C \ l = \overline{1,k}$ відповідають виводам елементів
4. *F* - елементні ребра визначають належність виводів $c_l \in C$ елементам $x_i \in X$ та задаються парами вершин (x_i, c_l) - ребро з елементу x_i до його виводу c_l.
5. *W* - сигнальні ребра визначають належність виводів $c_l \in C$ ланцюгам $v_j \in V$ та задаються парами вершин (v_j, c_l) - ребро з виводу c_l та його ланцюга v_i.

Граф КС



ГКС містіть:
- вершини трьох типів (X, V, C) - з них починається побудова ГКС
- ребра двох типів F - елементні та W - сигнальні

Опис КС матрицями

Матричну модель ГКС представляють у вигляді двох матриць інцидентності *A* та *B*.

Матриця A установлює належність електричним ланцюгам v_j виводів c_l та візначається таким чином:

W

$$A = \left\| a_{jl} \right\|_{m \times k}$$

Рядки матриці відповідають ел ланцюгам, а стовпчики - виводам.

Елементи матриці: $a_{ij} = \left| \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix} \right.$

1 - якщо ел ланцюг v_j відповідає виводу c_l - ребро *W*

0 - в протилежному випадку

Складемо матрицю *A* для нашого прикладу.

Матриця *A*

$A =$

	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{41}	c_{42}	c_{43}	c_{51}	c_{52}	c_{53}	c_{61}	c_{62}	c_{63}	c_{01}	c_{02}	c_{03}	c_{04}	c_{05}	$\sum$
v_1	1									1									1					ρ_1
v_2		1			1															1				ρ_2
v_3			1	1								1				1								ρ_3
v_4											1			1							1			ρ_4
v_5						1							1											ρ_5
v_6							1								1									ρ_6
v_7									1													1		ρ_7
v_8								1									1							ρ_8
v_9																		1					1	ρ_9

рядки - ел ланцюги $j = \overline{1, m}$

стовпчики - контакти (виводи) $l = \overline{1, k}$

Кожен стовпчик $|A|$ *містить одну 1, тому що тільки один вивод входить тільки до одного ел ланцюга (згідно визначенню електричного ланцюга).*

Число одиниць в будь-якому рядку дорівнює розміру відповідного електричного ланцюгу.

Матриця B визначає належність елементам x_i виводів c_l

F

$$B = \left\| b_{il} \right\|_{n \times k}$$

Елементи матриці: $b_{il} = \left| \begin{smallmatrix} 1 \\ 0 \end{smallmatrix} \right.$

1 - якщо між елементом x_i та виводом c_l є ребро *F*

0 - в протилежному випадку

Складемо матрицю ***B*** для нашого прикладу.

Матриця ***B***

$B =$

	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{41}	c_{42}	c_{43}	c_{51}	c_{52}	c_{53}	c_{61}	c_{62}	c_{63}	c_{01}	c_{02}	c_{03}	c_{04}	c_{05}
x_1	1	1	1																				
x_2				1	1	1																	
x_3							1	1	1														
x_4										1	1	1											
x_5													1	1	1								
x_6																1	1	1					
x_0																			1	1	1	1	1

рядки - елементи $j = \overline{1, n}$

стовпчики - контакти (виводи) $l = \overline{1, k}$

У кожному стовпчику $|B|$ *міститься одна 1, таким чином цей вивод належить тільки даному одному елементу. Кількість одиниць в будь-якому рядку дорівнює кількости виводів (контактів) одного елемента.*

Узагальненою формою опису ГКС є матриця

$$T = \left\|t_{il}\right\|_{n \times k}$$

рядки якої відповідають елементам x_i
стовпчики - виводам елементів
t_{il} визначає номер v_j ланцюга, що зв'язує x_i елемент та c_l вивод.

Складемо матрицю ***T*** для нашого прикладу.

Матриця ***T***

$$T = \left.\begin{array}{ccccc} & c_{i1} & c_{i2} & c_{i3} & \\ x_1 & v_1 & v_2 & v_3 & (i=1) \\ x_2 & v_3 & v_2 & v_5 & (i=2) \\ x_3 & v_6 & v_8 & v_7 & (i=3) \\ x_4 & v_1 & v_4 & v_3 & (i=4) \\ x_5 & v_5 & v_4 & v_6 & (i=5) \\ x_6 & v_3 & v_8 & v_9 & (i=6) \end{array}\right\}$$

Детальніше

$$\begin{array}{cccc} & c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ x_1 & v_1 & v_2 & v_3 \end{array}$$ <- згідно КС

$$\begin{array}{cccc} & c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ x_2 & v_3 & v_2 & v_5 \end{array}$$ <- згідно КС

Якщо елементи x_i мають різну кількість контактів (виводів), тоді $c_{i1} \ldots c_{i\max}$. Елементи, які не мають $c_{i\max}$, то $t_{il} = 0$.

Для опису зовнішніх з'єднань часто використовують лінійний масив ***TR***.

$$TR = \left|t^l\right|$$

Кожен елемент цього масиву t^l відповідає номеру ланцюга v_j, що зв'язує виводом c_{0l} елемента x_0 (з роз'ємом).
Складемо матрицю ***TR*** для нашого прикладу

$$TR = \begin{array}{ccccc} c_{01} & c_{02} & c_{03} & c_{04} & c_{05} \\ v_1 & v_2 & v_4 & v_7 & v_9 \end{array}$$

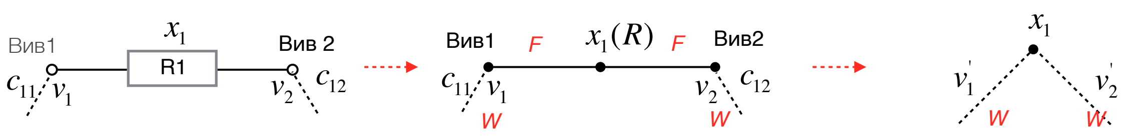
Таким чином графова модель КС
$G_{GKS} = \{X, V, C, F, W\}$

описується такими матрицями:
$A = \left\|a_{jl}\right\|_{m \times k}$ - W сигнальний ланцюг об'єднує дві вершини v_j та c_k
$B = \left\|b_{il}\right\|_{n \times k}$ - F елементне ребро об'єднує дві вершини x_i та c_k
$T = \left\|t_{il}\right\|_{n \times k}$ - t_{il} визначає номер електричного ланцюга, що зв'язує x_i елемент та c_l вивод
$TR = \left|t^l\right|$ - t^l номер ланцюга v_j, що зв'язує вивод c_{0k} та елемент x_0

Опис КС графом елементних комплексів (ГЕК)

Не завжди є сенс використовувати складну модель ГКС. Спробуємо спростити модель. Ціль нашої з вами лекції - спростити опис КС.

Таким чином, якщо в ГКС включити підмножину $c_l \in C$ до вершин $x_i \in X \; i = \overline{1,n}$, то це призведе до усунення елементних ребер *F* та вершин *C* (*нагадую, що F задаються парами вершин* (x_i, c_l)) та перетворення комплексів $v_j \in V$ в елементні комплекси $v_j^{'} \in V^{'}$.



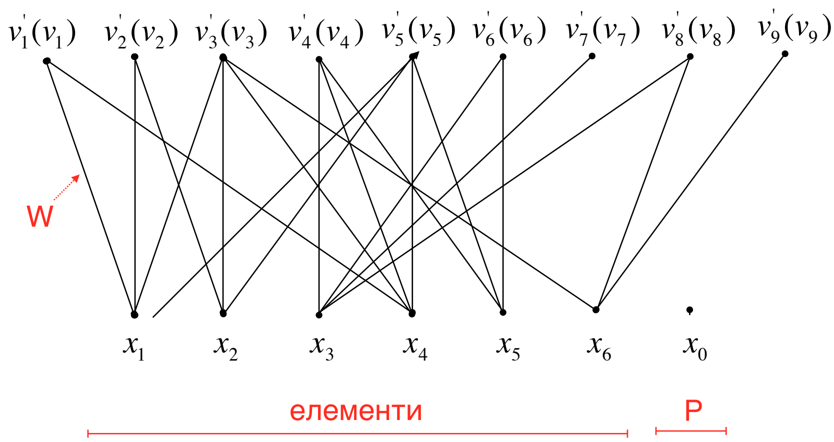
В результаті цього перетворення отримаємо граф

$$G_{GEK} = \left(X, V^{'}, W\right)$$

підмножина вершин якого X та $V^{'}$ відповідає елементам та елементним комплексам а множина W визначає входження елементів в комплекси.
Такий граф називається ГЕК.

ГЕК

!!!!!



ГЕК містить дві вершини та одне ребро.
ГЕК зручно описувати матрицею комплексів:

$$Q = \left\| q_{ij} \right\|_{n \times m},$$

рядки якої відповідають елементам x_i, а стовпчики елементним комплексам $v_j^{'}$

Елементи матриці: $q_{ij} = \left| \begin{smallmatrix} 1 \\ 0 \end{smallmatrix} \right.$

1 - якщо елемент x_i входить до комплексу $v_j^{'}$

0 - в протилежному випадку

Складаємо матрицю ***Q***.

$$Q = \begin{array}{c|ccccccccc} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 & v_7 & v_8 & v_9 \\ \hline x_1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ x_4 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ x_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_6 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ & \rho'_1 & \rho'_2 & \rho'_3 & \rho'_4 & \rho'_5 & \rho'_6 & \rho'_7 & \rho'_8 & \rho'_9 \end{array}$$

2 2 4 2 2 2 1 2 1

Властивосі матриці наступні:

1. Кількість одиниць в рядку дорівнює кількості електричних ланцюгів, зв'язаних з відповідним елементом
2. Кількість одиниць в стовпчику - є розмір елементного комплексу (кількість елементів, зв'язаних даним електричним ланцюгом).

По цій матриці ми характеризуємо елементні комплекси КС

Моделі схем у вигляді ГКС та ГЕК задають електричні з'єднання елементів та залишають свободу у визначенні конкретних монтажних з'єднань між елементами з урахуванням технології їх виконання.
Ціль конструктора: розробка моделі конструкції, розробка моделі реальної конструкції.

Зв'язність ***S*** по матриці ***Q*** визачається

$$S = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} - m$$

$$S_{KS} = 18 - 9 = 9$$

Таким чином графова модель КС при опису комплексами $G_{GEK} = \left(X, V', W\right)$
Матрична модель: $Q = \left\| q_{ij} \right\|_{n \times m}$

$$S = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} - m$$

Продовжуємо спрощувати модель КС
Опис КС взвішенним графом (ВГС)

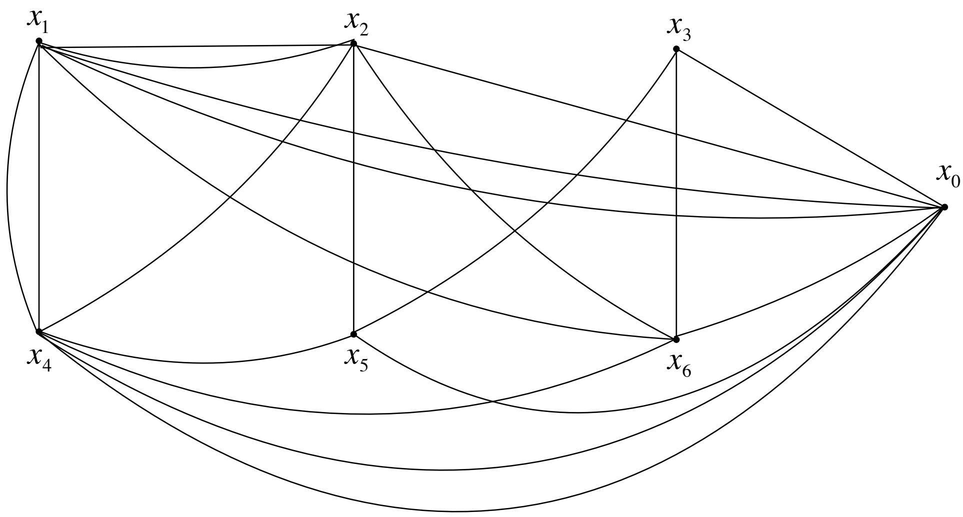
Якщо врахувати реалізації з'єднань в алгоритмах *компонування* та *розміщення*, то отримаємо *спрощені* моделі опису КС, які засновані на задаванні "ступіню зв'язку" елементів одне з одним.

Якщо кожній парі вершин x_i та $x_j \in X$ поставити у відповідність вагу a_{ij}, що пропорційна "степені зв'язності" між x_i та x_j, то утвориться взвішенний граф КС - ВГС

$$G_{VGS} = (X, V)$$

котрий містить тільки одну вершину ***X*** та одне ребро ***V***.

ВГС



В загальному випадку ВГС описується матрицею **повних з'єднань**

$$A = \left| a_{ij} \right|_{n \times n},$$

рядки та стовпчики якої відповідають елементам схеми $a_{ij} = \left| \begin{smallmatrix} 1 \\ 0 \end{smallmatrix} \right.$

1 -кількість ланцюгів між x_i та x_j ("степінь зв'язності")

0 - якщо між x_i та x_j зв'язків немає

Складаємо матрицю ***повних з'єднань A***.

$$A = \begin{array}{c|ccccccc} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_0 \\ \hline x_1 & 0 & 2 & 0 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ x_2 & 2 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ x_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ x_4 & 2 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 2 \\ x_5 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ x_6 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ x_0 & 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

Ваги визначаються на наступною формулою

$$a_{ij} = \sum_{s=1}^{m} q_{is} q_{js} f_s$$

s - номер ел ланцюга (комплексу)
q_{is}, q_{js} - елементи матриці комплексів
f_s -коефіцієнт, що враховує розміри ланцюга

Якщо $f_s = 1$, тоді a_{ij} матриці з'єднань численно дорівнюють кількості ланцюгів загальних для x_i та x_j. Така матриця називається матрицею повних з'єднань.

Якщо $f_s = \frac{2}{\rho_s}$, елемент a_{ij} чисельно дорівнює матиматичному очікуванню числа з'єднань між елементами x_i та x_j при умові рівноймовірного вибору будь-якого з можливих дерев, що реалізують ел ланцюги. Така матриця називається **ймовірною матрицею з'єднань**.

Зв'язність для ВГС визначається як

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij}$$

Таким чином для спрощенного опису КС використовують ГЕК та ВГС, яким відповідають матриці
$Q = \left\| q_{ij} \right\|_{n \times m}$ - матриця комплексів
$A = \left| a_{ij} \right|_{n \times n}$ - матриця повних з'єднань

Тобто для опису КС використовують такі матричні моделі
- для повного опису ***A***, ***B***, ***T***, ***TR***
- для спрощенного - ***Q***, ***A***

Оцінка зв'язності схеми ***S*** залежить від вибору моделі КС

Для ГКС ***S*** розраховується $S = \sum_{j=1}^{m} \rho'_j - m$

для ГЕК $S = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} - m$

для ВГС $S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij}$

Значення ***S*** співпадають при використанні матриці ймовірностей та матриці найбільш ймовірних з'єднань.
Для визначення ***S*** ми будемо використовувати ВГС.

Ми з вами розглянули моделі для опису схем - від самих складних до самих простих. Відмітемо, що зайве ускладнення опису призводить до складних обчислювальних процедур та великих затрат манного часу, необґрунтованих с точки зору кінцевого результату. Тому дамо з вами рекомендації що до розглянутих моделей.

1. Опис КС за допомогою ГКС є найбільш повним та точним та входить складовою частиною до початкової інформації для систем автоматизованного проектування. Данна модель безпосередньо використовується при вирішенні задач трасування, при

вирішенні задач розміщення різногабаритних елементів, тобто при вирішенні складних задач.

2. Модель КС у вигляді ГЕК або ВГС використовується для вирішення задач компонування елементів та їх розміщення у вузлах. З точки зору адекватності моделі фізичному складу задачі пріорітетність має ГЕК.
3. З точки зору реалізації обчислювальних процедур, найбільш простим є опис схеми за допомогою ВГС (матриця з'єднань). Ми з вами найчастіше будемо використовувати саме цей опис.