

2.3 CONDENSATOARE

2.3.1. GENERALITĂȚI PRIVIND CONDENSATOARELE

A. DEFINIȚIE.

CONDENSATORUL – este un element de circuit prevăzut cu două conductoare (armături) separate printr-un material izolator(dielectric).

Mărimea fizică care caracterizează condensatorul se numește **capacitate electrică (C)**

Capacitatea electrică – este proprietatea unui condensatorului de a înmagazina o anumită cantitate de electricitate.

Când la bornele condensatorului se aplică o tensiune electrică, acesta acumulează o anumită cantitate de electricitate(Q) proporțională cu tensiunea aplicată (U) și capacitatea condensatorului(C) conform relației (1) $Q = C \cdot U$

Din punct de vedere energetic, *condensatorul înmagazinează energia câmpului electric* dintre armături conform relației (2) $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$

Capacitatea electrică se poate exprima în 2 moduri:

- în funcție de proprietățile materialului din care este construit condensatorul (la rece)

$$(3) C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

unde: ε (epsilon)= permitivitatea absolută a dielectricului $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$

ε_0 - permitivitatea vidului ; ε_r - permitivitatea relativă a dielectricului

S = suprafața armăturilor

d = distanța dintre armături

- în funcție de valorile mărimilor electrice dintr-un circuit electric (la cald)

$$(4) C = \frac{Q}{U}$$

unde: Q = cantitatea de electricitate acumulată pe armături

U = tensiunea electrică aplicată la bornele condensatorului

CAPITOLUL 2. ELEMENTE PASIVE DE CIRCUIT

B. UNITĂȚI DE MĂSURĂ

Capacitatea electrică se măsoară în farazi (F). 1 farad este capacitatea unui condensator care acumulează o sarcină electrică egală cu 1 coulomb atunci când la bornele sale se aplică o tensiune de 1 volt.

$$\text{Capacitatea electrică } C = \frac{Q}{U} \quad [C] = \frac{1C}{1V} = 1F$$

Deoarece 1 Farad are valoarea foarte mare, în practică se utilizează submultiplii acestuia:

$$1 \text{ mF (milifarad)} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1 \text{ } \mu\text{F (microfarad)} = 10^{-3} \text{ mF} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF (nanofarad)} = 10^{-3} \text{ } \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ mF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF (picofarad)} = 10^{-3} \text{ nF} = 10^{-6} \text{ } \mu\text{F} = 10^{-9} \text{ mF} = 10^{-12} \text{ F}$$

C. PARAMETRII ELECTRICI SPECIFICI CONDENSATOARELOR

a. CAPACITATEA NOMINALĂ (C_n)

Reprezintă valoarea capacității condensatorului care trebuie realizată prin procesul tehnologic și care este înscrisă pe corpul acestuia.

b. COEFICIENTUL DE TOLERANȚĂ (%)

Reprezintă abaterea în procente, în plus sau în minus, ($\pm\%$) a capacității reale a condensatorului față de capacitatea nominală înscrisă pe acesta.

Coeficientul de toleranță (%) poate fi marcat și în cod de litere, conform tabelului:

$\pm 0,05$	$\pm 0,10$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	$\pm 2,5$	± 5	± 10	± 20	± 25
N	B	C	D	F	G	H	J	K	M	E

c. TENSIUNEA NOMINALĂ (U_n) [U_n] = V

Reprezintă tensiunea continuă sau alternativă maximă ce poate fi aplicată la bornele unui condensator un timp îndelungat fără ca acesta să se străpungă. Tensiunea este marcată pe corpul condensatorului în volți sau printr-o literă, astfel:

Litera	A	B	C	D	E	F	G
U_n [V]	100	250	300	500	600	1000	1200

Litera	H	J	K	L	M	N	P
U_n [V]	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000

d. REZISTENȚA DE IZOLAȚIE (Riz) [Riz] = Ω

Reprezintă valoarea raportului dintre tensiunea(continuă) aplicată la bornele unui condensator și curentul care îl străbate, la un minut după aplicarea tensiunii.

Riz > 100 MΩ.

e. TANGENTA UNGHIULUI DE PIERDERI ($tg \delta$)

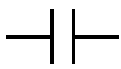

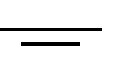
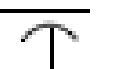
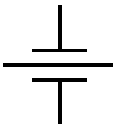




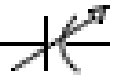


Reprezintă raportul dintre puterea activă disipată de condensator și puterea reactivă, măsurate la aceeași frecvență la care a fost măsurată capacitatea nominală.

Cu cât tangenta unghiului de pierderi este mai mică cu atât condensatorul este mai bun.

f. RIGIDITATEA DIELECTRICĂ.

Reprezintă tensiunea maximă continuă pe care trebuie să o suporte condensatorul timp de 1 minut fără să apară străpungeri sau conturnări.

D. SIMBOLURILE CONDENSATOARELOR

- a. condensator simbol general
- b. condensator simbol general tolerat
- c. condensator de trecere
- d. condensator de trecere simbol tolerat
- e. condensator de trecere simbol nestandardizat
- f. condensator electrolitic
- g. condensator electrolitic simbol tolerat
- h. condensator electrolitic simbol nestandardizat
- i. condensator variabil
- j. condensator variabil simbol tolerat
- k. condensator semi-reglabil
- l. condensator semi-reglabil simbol tolerat

2.3.2 MARCAREA CONDENSATOARELOR

A. MARCARE DIRECTĂ – PRIN COD ALFANUMERIC.

Acest cod este format din una sau mai multe cifre și una sau litere. Litera poate fi plasată după grupul de cifre (situație în care valoarea capacității este un număr întreg), sau între cifre (situație în care are rol de virgulă iar valoarea capacității este un număr zecimal).

Litera poate avea următoarea semnificație:

- p – valoarea capacității este exprimată în pF (picofarazi)
- n – valoarea capacității este exprimată în nF (nanofarazi)
- μ – valoarea capacității este exprimată în μF (microfarazi)
- m – valoarea capacității este exprimată în mF (milifarazi)

În unele țări se utilizează următoarele litere:

- U - valoarea capacității este exprimată în pF (picofarazi)
- T - valoarea capacității este exprimată în nF (nanofarazi)
- K - valoarea capacității este exprimată în nF (nanofarazi)
- M - valoarea capacității este exprimată în μF (microfarazi)

Dacă după numărul de pe condensator nu este nici o literă din cele prezentate mai sus valoarea capacității este exprimată în pF (picofarazi).

Exemple:

2p2 ⇔ 2,2 pF ; 100n ⇔ 100 nF ; 470 ⇔ 470 pF

20U ⇔ 20 pF ; 2K2 ⇔ 2,2 nF ; 25M ⇔ 25 μF ; 10K ⇔ 10 nF ; 3T3 ⇔ 3,3 nF

B. MARCARE INDIRECTĂ – PRIN COD NUMERIC.

Acest cod se utilizează pentru marcarea condensatoarelor de dimensiuni mici. Codul este format din 2 cifre semnificative și o cifră care reprezintă coeficientul de multiplicare.

Coeficientul de multiplicare este întotdeauna ultima cifră și valoarea acestei cifre reprezintă exponentul(puterea) lui 10.

9 sau R ⇔ 10⁰ = 1 , 1 ⇔ 10¹ = 10 , 2 ⇔ 10² = 100 , 3 ⇔ 10³ = 1000 , 4 ⇔ 10⁴ = 10000

Valoarea rezultată este exprimată în picofarazi.

Exemple:

569 ⇔ 56x10⁰ = 56 pF

153 ⇔ 15x10³ = 15x1000 = 15000 pF = 15 nF

222 ⇔ 22x10² = 22x100 = 2200 pF = 2,2 nF

334 ⇔ 33x10⁴ = 33x10000 = 330.000 pF = 330 nF = 0,33 μF

C. MARCARE INDIRECTĂ – PRIN CODUL CULORILOR.

Marcarea se face cu 3, 4 sau 5 benzi colorate. La fiecare culoare îi corespunde o cifră , după cum este explicat în secțiunea *Codul culorilor*.

Se consideră banda I prima bandă de la terminale. Când se determină valoarea capacității unui condensator marcat în codul culorilor, condensatorul se ține cu terminalele în sus.

Valoarea determinată se exprimă în picofarazi (pf)

SEMNIFICAȚIA BENZILOR.

CONDENSATOARE CU 3 BENZI:

Banda I reprezintă prima cifră a numărului

Banda II reprezintă a doua cifră a numărului

Banda III reprezintă coeficientul de multiplicare ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

La aceste condensatoare coeficientul de toleranță este 20%

CONDENSATOARE CU 4 BENZI:

Banda I reprezintă prima cifră a numărului

Banda II reprezintă a doua cifră a numărului

Banda III reprezintă coeficientul de multiplicare ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

Banda IV reprezintă coeficientul de toleranță

CONDENSATOARE CU 5 BENZI:

Banda I reprezintă coeficientul de variație al temperaturii

Banda II reprezintă prima cifră a numărului

Banda III reprezintă a doua cifră a numărului

Banda IV reprezintă coeficientul de multiplicare ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

Banda V reprezintă coeficientul de toleranță

CONDENSATOARE CU 3 benzi pe o față și 2 benzi pe fața opusă:

pe fața cu 3 benzi

Banda I reprezintă prima cifră a numărului

Banda II reprezintă a doua cifră a numărului

Banda III reprezintă coeficientul de multiplicare ($\times 10^{\text{cifră corespunzătoare culorii benzii}}$)

pe fața cu 2 benzi

Banda I reprezintă coeficientul de variație al temperaturii

Banda II reprezintă coeficientul de toleranță

CAPITOLUL 2. ELEMENTE PASIVE DE CIRCUIT

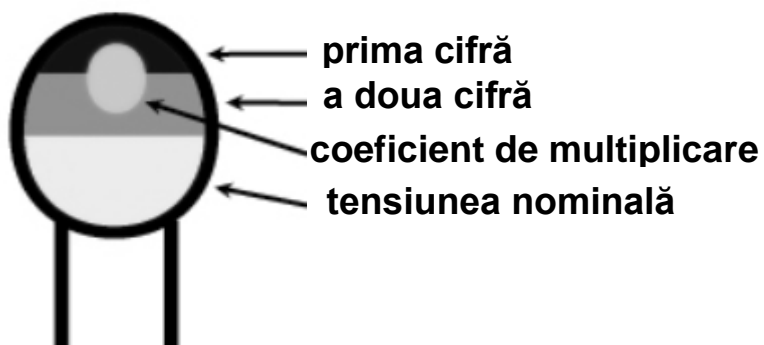
Culori pentru coeficientul de multiplicare:

Culoare	Gri	Alb	Negru	Maro	Roșu	Portocaliu	Galben	Verde
Coef. M	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5

Culori pentru coeficientul de toleranță:

Culoare						Alb
C > 10pF	20%	1%	2%	2,5%	5%	10%
C < 10pF	2%	0,1%	0,25%		0,5%	1%

Marcarea condensatoarelor cu tantal.



Culoare	Prima cifră	A doua cifră	Coef. Multiplic.	Tensiune
NEGRU	0	0	x 1	10V
MARO	1	1	x 10	-
ROȘU	2	2	x 100	-
PORTOCALIU	3	3	-	-
GALBEN	4	4	-	6.3V
VERDE	5	5	-	16V
ALBASTRU	6	6	-	20V
VIOLET	7	7	-	-
GRI	8	8	x 0.01	25V
ALB	9	9	x 0.1	3V

VALOAREA DETERMINATĂ SE EXPRIMĂ ÎN microfarazi (μF)

EXEMPLE :



VIOLET
NEGRU
PORTOCALIU

$$70 \times 10^3 = 70.000 \text{ pF} = 70 \text{ nF} \quad 20\%$$



GALBEN
PORTOCALIU
ROȘU
VERDE

$$43 \times 10^2 = 4300 \text{ pF} = 4,3 \text{ nF} \quad 5\%$$



MARO
ALBASTRU
ALB
ROȘU

$$16 \times 10^{-1} = 16 : 10 = 1,6 \text{ pF} \quad 0,25\%$$



ROȘU
GRI
NEGRU
ALB
MARO

$$80 \times 10^{-1} = 80 : 10 = 8 \text{ pF} \quad 0,1\%$$



ALBASTRU
MARO
VERDE
MARO
ALB

$$15 \times 10^1 = 150 \text{ pF} \quad 10\%$$

2.3.3. GRUPAREA CONDENSATOARELOR

A. GRUPAREA SERIE.

Două sau mai multe condensatoare sunt conectate în serie dacă sunt plasate pe aceeași ramură de rețea iar între ele nu sunt noduri de rețea.

La conectarea în serie 2 condensatoare învecinate au comune numai câte un terminal.

Condensatoarele conectate în serie sunt parcurse de același curent electric (I) și au aceeași sarcină electrică (q) datorită fenomenului de influență electrostatică.

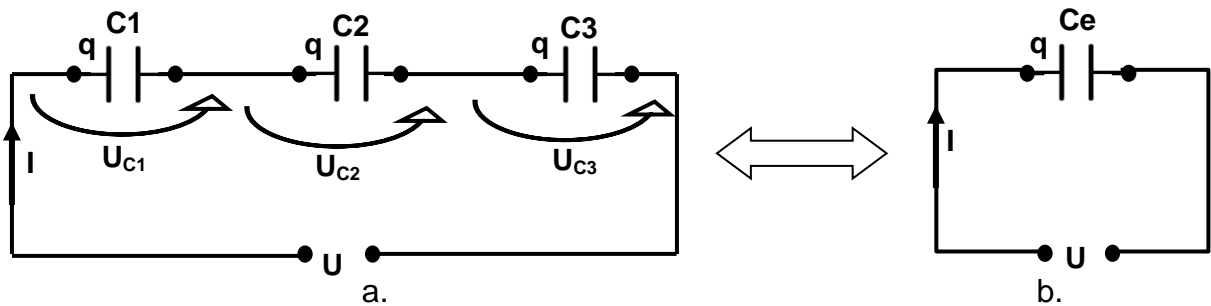


Figura 2.29. a. Rețea de condensatoare conectate în serie b. Schema echivalentă

Tensiunea la bornele rețelei este egală cu suma tensiunilor de pe fiecare condensator.

$$(1) \quad U = U_{C1} + U_{C2} + U_{C3}$$

Conform formulei capacității, tensiunile electrice din rețeaua de mai sus se exprimă astfel:

$$(2) \quad U = \frac{q}{C_e} \quad U_{C1} = \frac{q}{C1} \quad U_{C2} = \frac{q}{C2} \quad U_{C3} = \frac{q}{C3}$$

Prin înlocuirea relațiilor (2) în relația (1) se obține relația:

$$(3) \quad \frac{q}{C_e} = \frac{q}{C1} + \frac{q}{C2} + \frac{q}{C3}$$

Dacă relația (3) se împarte la q se obține formula capacității echivalente a rețelei:

$$(4) \quad \frac{1}{C_e} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$$

În mod similar, pentru n condensatoare conectate în serie capacitatea echivalentă este:

$$(5) \quad \frac{1}{C_e} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \frac{1}{C4} + \dots + \frac{1}{Cn}$$

Dacă în rețea sunt n condensatoare cu aceeași valoare C , capacitatea echivalentă este:

$$(6) \quad C_e = \frac{C}{n}$$

La gruparea în SERIE a condensatoarelor, capacitatea echivalentă a rețelei SCADĂ, va fi mai MICĂ decât valoarea oricărui condensator din rețea.

În practică, condensatoarele conectate în serie, se grupează câte două, iar capacitatea echivalentă (C_{12}) a celor două condensatoare (C_1 și C_2) se calculează cu formula:

$$(7) \quad C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

B. GRUPAREA PARALEL.

Două sau mai multe condensatoare sunt grupate în *paralel* dacă sunt conectate între aceleași două noduri.

La conectarea în paralel, 2 condensatoare învecinate au comune terminalele două câte două.

Condensatoarele conectate în paralel au aceeași tensiune electrică (U) la borne și se încarcă cu sarcini electrice (Q) diferite, în funcție de capacitatea condensatorului.

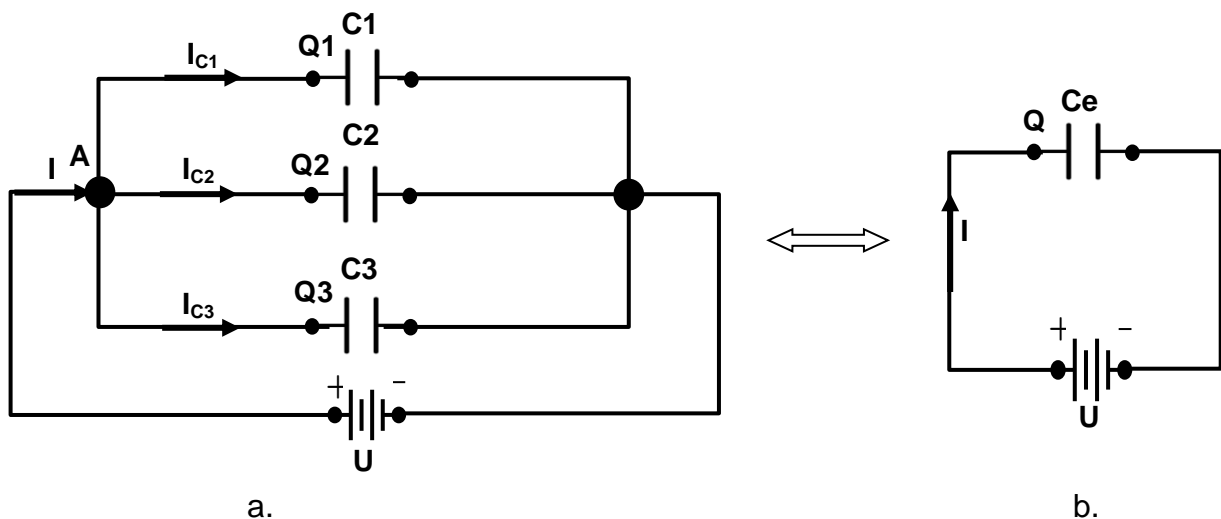


Figura 2.30. a. Rețea de condensatoare conectate în paralel b. Schema echivalentă

Deoarece la conectarea condensatoarelor în paralel sarcinile electrice acumulate pe fiecare armătură se însumează, se poate scrie relația:

$$(1) \quad Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Conform formulei capacității, sarcinile electrice din rețeaua de mai sus se exprimă astfel:

$$(2) \quad Q = C_e \cdot U \quad Q_1 = C_1 \cdot U \quad Q_2 = C_2 \cdot U \quad Q_3 = C_3 \cdot U$$

Prin înlocuirea relațiilor (2) în relația (1) se obține relația:

$$(3) \quad C_e \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U$$

Dacă în relația (3) se scoate U factor comun apoi se împarte la U se obține formula capacității echivalente a rețelei:

$$(4) \quad C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

În mod similar, pentru n condensatoare conectate în serie capacitatea echivalentă este:

$$(5) \quad C_e = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_n$$

Dacă în rețea sunt n condensatoare cu aceeași valoare C , capacitatea echivalentă este:

$$(6) \quad C_e = n \cdot C$$

La gruparea în PARALE a condensatoarelor, capacitatea echivalentă a rețelei CREȘTE, va fi mai MARE decât valoarea oricărui condensator din rețea.

C. TRANSFIGURAREA TRIUNGHI – STEA (STEA – TRIUNGHI).

Rețelele de condensatoare complexe, pot fi reduse la conexiuni accesibile calculului, prin transformarea conexiunilor din triunghi în stea sau invers.

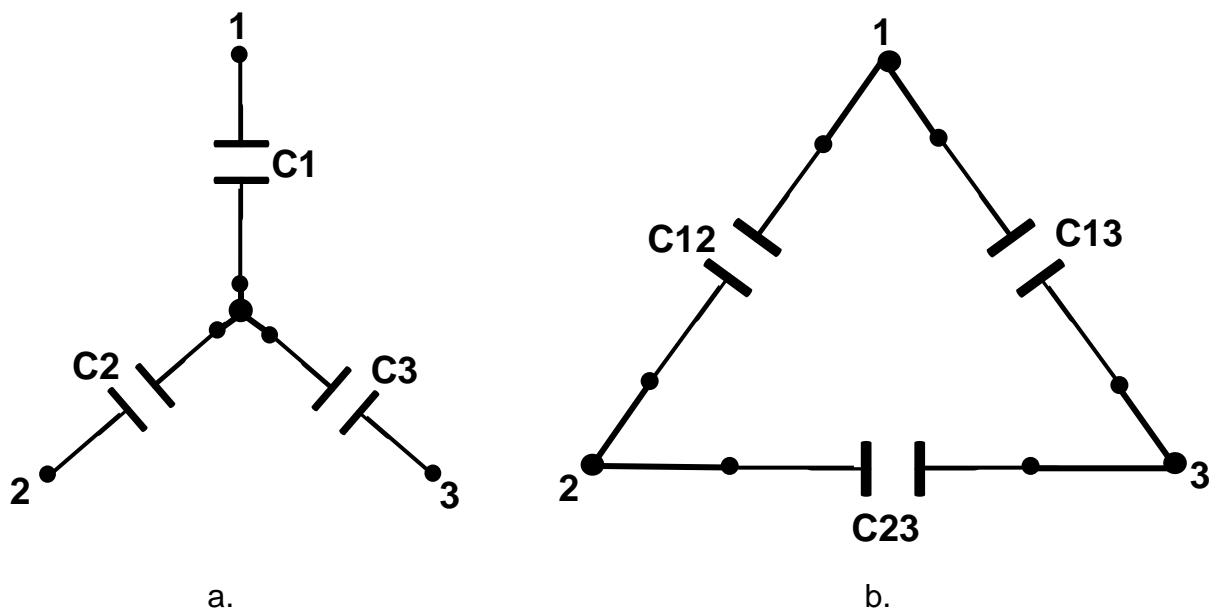
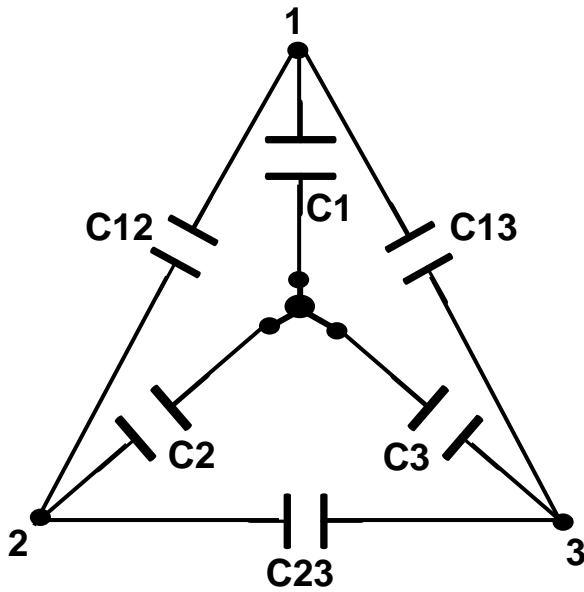


Figura 2.31 a. Condensatoare grupate în stea b. Condensatoare grupate în triunghi

AUXILIAR CURRICULAR - TEHNOLOGII ÎN ELECTRONICĂ

Pentru înțelegerea transfigurării din triunghi în stea (și invers) realizez schema de mai jos:



La transfigurarea din Δ în Y:

C12 și C13 se transformă în C1

C12 și C23 se transformă în C2

C13 și C23 se transformă în C3

La transfigurarea din Y în Δ :

C1 și C2 se transformă în C12

C1 și C3 se transformă în C13

C2 și C3 se transformă în C23

Relațiile de transformare triunghi – stea

$$C1 = C12 + C13 + \frac{C12 \cdot C13}{C23}$$

$$C2 = C12 + C23 + \frac{C12 \cdot C23}{C13}$$

$$C3 = C13 + C23 + \frac{C13 \cdot C23}{C12}$$

Relațiile de transformare stea - triunghi

$$C12 = \frac{C1 \cdot C2}{C1 + C2 + C3}$$

$$C13 = \frac{C1 \cdot C3}{C1 + C2 + C3}$$

$$C23 = \frac{C2 \cdot C3}{C1 + C2 + C3}$$