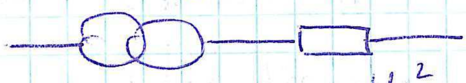
VII. előadás

2012. III. 05.

Több feszültségszintű hálózatok számítása, viszonylagos egységek alkalmazása

Nemideális transzformátor modellje

N K



$\underbrace{\varepsilon, U_N, U_K, S_n}_{\text{adott paraméterek}}$

$$\frac{U_K^2}{S_n}\cdot\frac{\varepsilon}{100} = Z_{tr}^K$$

A kisebb feszültségű oldalra számított impedancia

A nagyobb feszültségű oldalra:

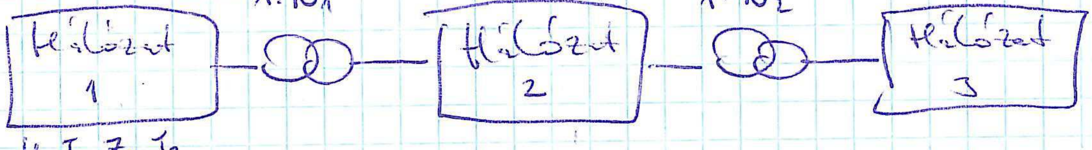
N K

$$Z_{tr}^N = \frac{U_N^2}{S_n}\cdot\frac{\varepsilon}{100}$$

A transzformátor az egyes mennyiségeket transzformálja

Tekintsünk egy hálózatrészt. → mérhetünk U-t, I-t, számíthatunk Z-t, Y-t.

Ha több hálózatrészünk van, akkor mit fogunk számolni?



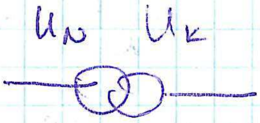
U_1, I_1, Z_1, Y_1

A cél a transzformátorok eltüntetése, így számoljuk → nem

Ezeknek csatolt egyenletei.

Lehetőségek:

- a különböző hálózatok feszültségszintjére redukáljuk mindet



A K oldalon van:

U, Z

Az N oldalon ellen:

$$U \cdot \frac{U_N}{U_K} \quad , \quad Z \cdot \frac{U_N^2}{U_K^2}$$

ez jelenti azt, hogy egy hálózatrészt egy másik feszültségszintre redukáltunk. (áttranszformáltuk egy másik feszültségszintre)

2 trafó 3 feszültségszintre csatl.:

- a 3. körzetet előbb a 2.-re, majd az egészet a 1.-re
- az 1. körzetet redukáljuk a 2.-re, majd az egészet a 3.-ra.

Az $1 \to 2$ és $3 \to 2$ esetben:

$$U_1' = N_1 \cdot U_1$$

$$I_1' = \frac{I_1}{N_1}$$

$$Z_1' = N_1^2 \cdot Z_1$$

a vesszős mennyiségek a 2. körzetre transzformált mennyiségei az 1. körzetnek.

$$Y_1' = \frac{Y_1}{N_1^2} \qquad S_1' = S_1$$

Hasonlóképp a 3→2 redukálás is.

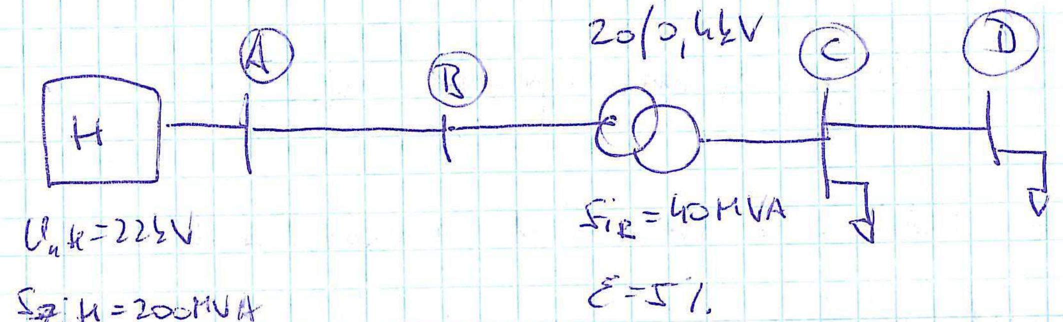
A transzformálás függ az áttételektől.

Ha 3→2→1 redukálás van, akkor

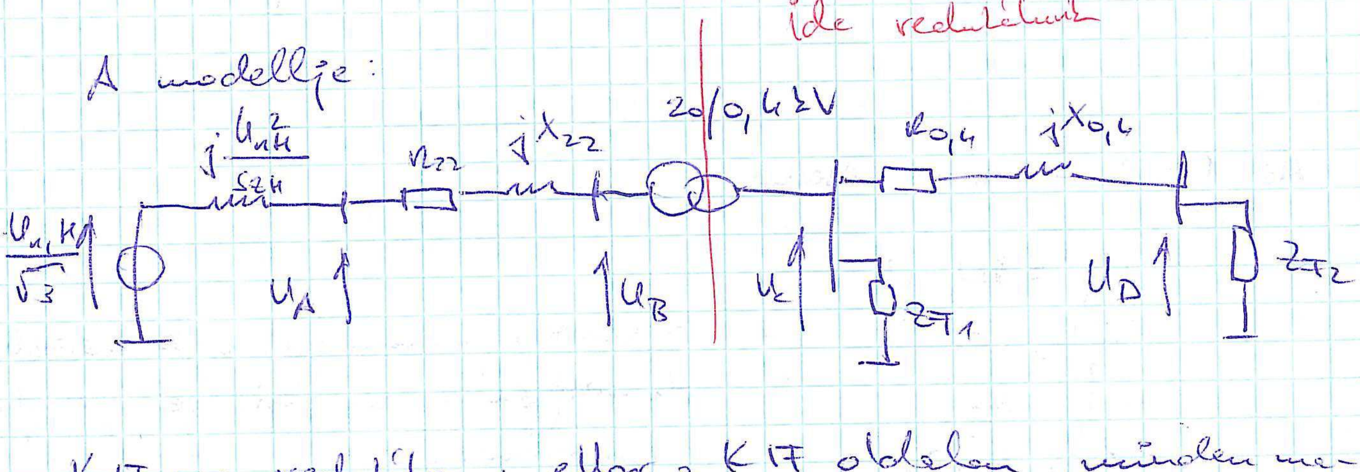
pl. $U_3' = \dfrac{\frac{U_3}{N_2}}{N_1}$, mert az $\dfrac{U_3}{N_2}$ átredukálta a 2. körzetbe, az újabb N_1-gyel osztás pedig redukálja az 1.-re.

Hasonlóképpen lehet a többi transzformálást is (ideális transzformátoron)

<u>Példa:</u>

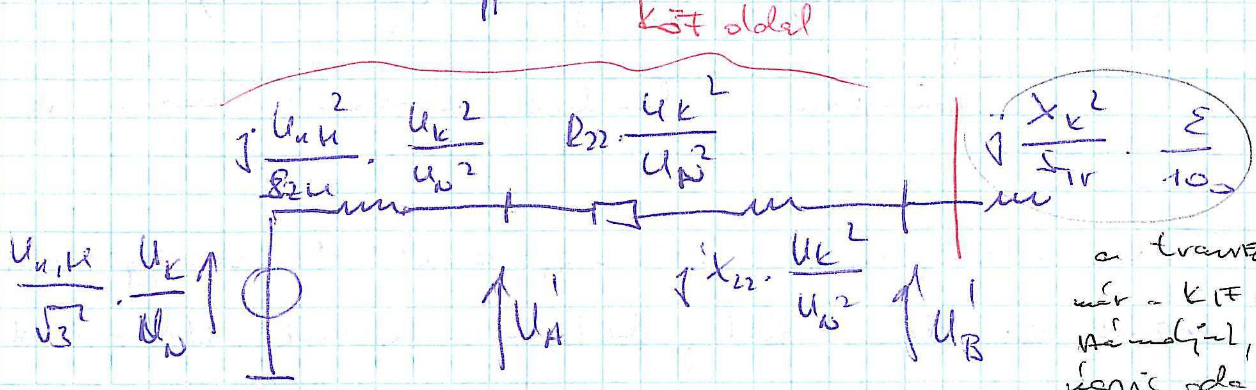


A modellje:



KIF-re redukálunk, akkor a KIF oldalon minden marad, a KÖF oldalt kell áttranszformálni.

A KöF oldalra így:

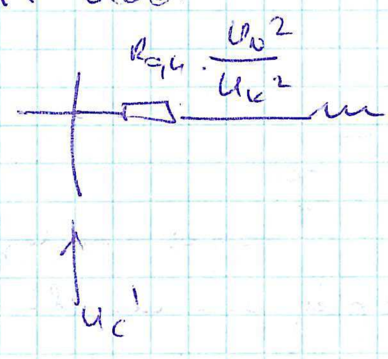


a transzformátort már a KöF oldalra számoljuk, mert éppen oda redukáltunk.

U_A' nem az a feszültség lesz, mint U_A, mert ez egy redukált feszültség! → U_A-t visszatranszformálással kaphatjuk meg belőle. (mindent vissza kell így transzformálni!)

Fázisfeszültségeket számoltunk, de vonalihoz kell a $\sqrt{3}$-as szorzó.

Ha a 22kV-ra redukálunk, akkor is ezt kell számolni, az akkor a KöF oldal:



Viszonylagos egységek

Előfordul, hogy nem egy számérték érdekel minket, hanem hogy a névlegeshez képest mekkora értékben vannak.

pl. ±7,5%-os eltérés megengedett → akkor az jobban jellemez, hogy pl. 108-szoros érték.

Emiatt a viszonylagos egységeket (per unit) használjuk.

↓

viszonyítunk valamihez, s azokkal számolunk.

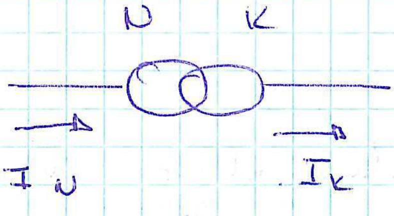
Tudni kellett, hogy fázis vagy vonali feszültséggel dolgozunk-e. Ha a névlegeshez viszonyítunk, akkor ott olyanokat mondunk, hogy $U = 1$ v.e.

⇓ a névlegeshez képest.

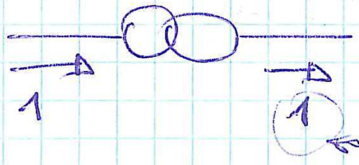
$$U_f = U_{fn}$$

$$U_v = U_{vn}$$

Ha a transzformátort a névlegessel terheljük, akkor a primer és a szekunder oldalon is a névleges folyik.



⇓



ez a névleges érték.

Ha egység van mindkét oldalon, akkor a transzformátort el is hagyhatjuk.

A Lötö feszültségszint a névleges feszültségszint lesz.

Mértékegységek sem lesznek ott.

A számításhoz meg kell mondani a viszonyítási alapot. Ugyanolyan mennyiséget ugyanolyanhoz viszonyítunk → így tehát fázist csak fázishoz lehet viszonyítani. (U-t U-hoz, I-t I-hez, stb).

Az alap megválasztása tetszőleges (pl. kV-os feszültségszinten is lehet μV-hoz viszonyítani, csak ennek nincs értelme)

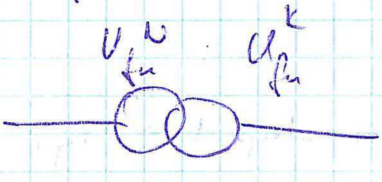
<u>példa</u>: KIF elosztóhálózat

$l = 750\,m$, $35\,mm^2$ Al, $\rho = 282\ \frac{\Omega mm^2}{m}$

tápponton $U = 231\,V$ → ezt érdemes alapnak felvenni

feszültségprofil vehető fel ebből.

Ideális transzformátorra:



Legyen az N oldalon $1{,}05 \cdot U_{fn}^N$

⇓

akkor K oldalon $1{,}05 \cdot U_{fn}^K$ lesz (mert az áttétel arányában transzformálódik).

Legyen az N oldalon $U_a^N = U_{fn}^N$

↑ a névleges fázisfeszt választottuk alapnak.

Mekkora feszültségalap lesz a trafó másik oldalán?

azzal a választás már azt biztosítja → a má-
sikon is ugyanaz az arány, így ott is 1,05 ve lesz a
feszültség.
A transzformátor ellen el is hagyható.

a transzformátor
áttételének megfelelő
arányban.

4-féle alapot választhatunk: U, I, Z, S, de ezek közül
csak 2 szabadon választható (mert összefüggnek egymással),
a többi
kiadódik.

ha pl: $U_a = \frac{U}{2}$
$I_a = I$

$$\Rightarrow Z_a = \frac{U_a}{I_a} = \frac{U}{2I}$$

nem választható pl. $Z_a = Z$-nek

így $\frac{Z}{Z_a} = 2$ v.e. lesz,
ha $Z = \frac{U}{I}$.

Teljesítményalapot szokták választani → az S nem változik,
↑ körzetben ugyanaz.

Szokták egy körzetben egy fesz. alapot → így a trafó át-
tételekkel kiadódik a többi körzetre is a feszültség-
alap.

↓ ezekből áramalap: $I_a = \frac{S_a}{\sqrt{3} \cdot U_a}$

U_a: vonali fesz. alap

S_a: 3 fázisú telj. alap.

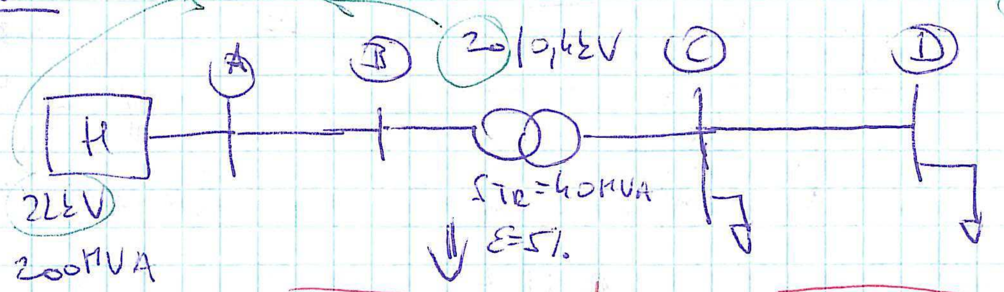
impedanciaalap: $Z_a = \frac{U_a^2}{S_a}$

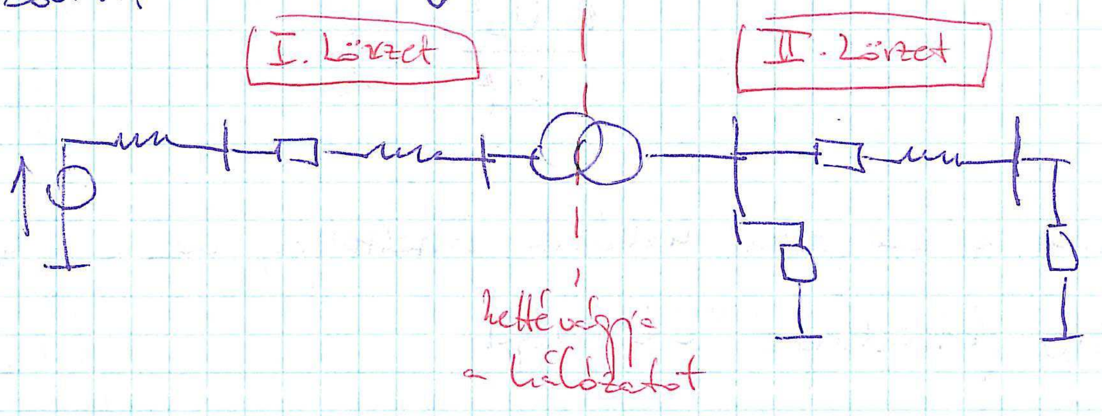
Ezzel viszonylagos egységben mindent ismerünk. A dimenzió-

...nális egységekből vissza kell mondani.

ez ugyanaz a feszültséggel számít, pl. a vezetéken esked feszültségé.

Példa:





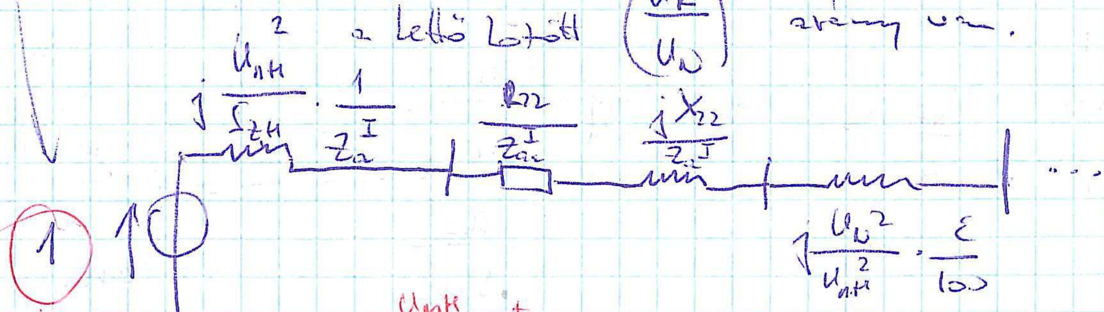
Alapmennyiségek:

I. körzet (KÖF)	II. körzet (KIF)
$S_{a3f} = S_{Tr}$	$S_{a3f} = S_{TR}$
$U_{av}^{I} = U_{n,H}$	$U_{av}^{II} = U_{av}^{I} \cdot \frac{U_K}{U_N}$
$Z_a^{I} = \frac{\left(U_{av}^{I}\right)^2}{S_{a3f}}$	$Z_a^{II} = \frac{\left(U_{av}^{II}\right)^2}{S_{a3f}}$

a transzformátor áttételével mozog

lehet 0,4kV-tól nagyobb lesz most, mert 20kV ill. 22kV is van

a kettő között $\left(\frac{U_K}{U_N}\right)^2$ szám van.



1 v.e. lesz innentől, mert alapnak az $\frac{U_{nH}}{\sqrt{3}}$-at ~~U_{nH}~~ választottuk.

a transzformátor impedanciájánál:

$$Z_a^I = \frac{(U_n^I)^2}{S_a} = \frac{U_{nH}^2}{S_n}$$

(*)

$$\frac{j\cdot\frac{U_N^2}{S_n}\cdot\frac{\varepsilon}{100}}{j\cdot\frac{U_H^2}{S_n}} = \frac{U_N^2}{U_H^2}\cdot\frac{\varepsilon}{100}$$

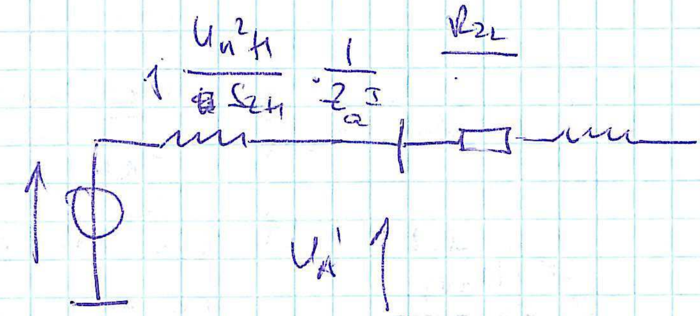
Ha nem a mögöttes hálózat feszültségéből, hanem a traf. U_N feszültségét választjuk:

I. körzet

$S_{a3f} = S_{Tr}$

II. körzet

$S_{a3f} = S_{Tr}$



$$\frac{U_{nH}}{U_N}$$

most nem 1, mert U_N-et vettük fel alapnak

$U_N \approx 20\,kV$ $\Rightarrow \frac{U_{nH}}{U_N} > 1$
$U_{nH} \approx 22\,kV$

Ugyanakkor a trafóra:

$$\frac{j\frac{U_N^2}{S_{Tr}}\cdot\frac{\varepsilon}{100}}{\frac{U_N^2}{S_{Tr}}} = j\frac{\varepsilon}{100}$$

lett.

Dimenzió nélküli, viszonylagos mennyiségeket kapunk.

Transzformátor kapcsolási csoportjának figyelembevétele

A transzformátor forgatni is tud: az N oldalon mért és a K oldalon mért két azonos fázisú érték között fázistolást valósít meg.

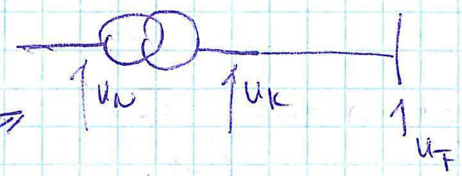
Először nem vesszük figyelembe a forgatást, úgy számolunk végig mindent, s a végén szorzunk egy exp taggal, ami forgat.

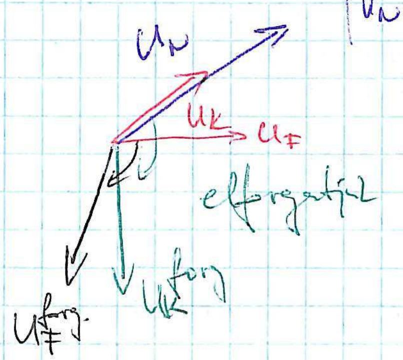
pl. az előző példa, a trafó Dy5 legyen.

$$\Downarrow$$

$$U_K = U_N \cdot e^{-j\cdot 5\cdot 30°}$$

ugyanez igaz áramokra is.





mindent elforgatunk.

Azt is lehetne, hogy a K oldaliakat hagyjuk s az N oldaliakat forgatjuk

$$\Downarrow$$

ekkor $U_K \cdot e^{j 5\cdot 30°} = U_N$.

A szögeltérés tehát egymáshoz képest értendő.

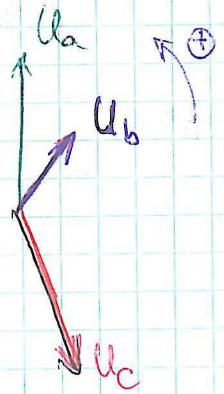
Pozitív sorrendű esetet nézzük.

Szimmetrikus összetevők módszere

Eddig minden szimmetrikus volt → azt 1 fázisba kellett mindent kiszámolni, a többit forgatással kapjuk.

A szimm. összetevők módszere az aszimmetrikus rendszerekre használatos.

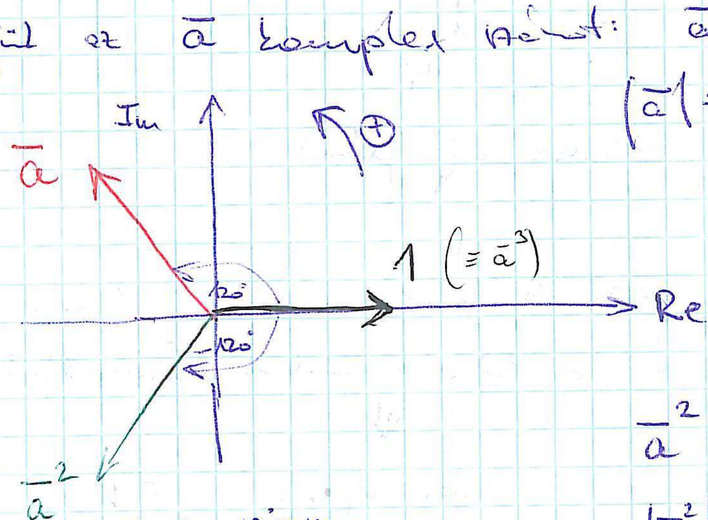
Matematikai transzformáció: a fazorokat transzformáljuk.



pl. egy aszimm. feszültségrendszer

Bevezetjük az $\bar{a}$ komplex számot: $\bar{a} = e^{j120°}$

$|\bar{a}| = 1$



ez egy szimm. rendszer

$\bar{a}^2 = e^{j240°} = e^{-j120°}$

$|\bar{a}^2| = 1$

$\bar{a}^3 = 1$

Ezen fazorokkal vezetjük be a transzformációt.

Legyen 3 db feszültségfazorunk:

$$\begin{bmatrix} \bar{U}_a \\ \bar{U}_b \\ \bar{U}_c \end{bmatrix}$$

fazorokból alkotott oszlopvektor

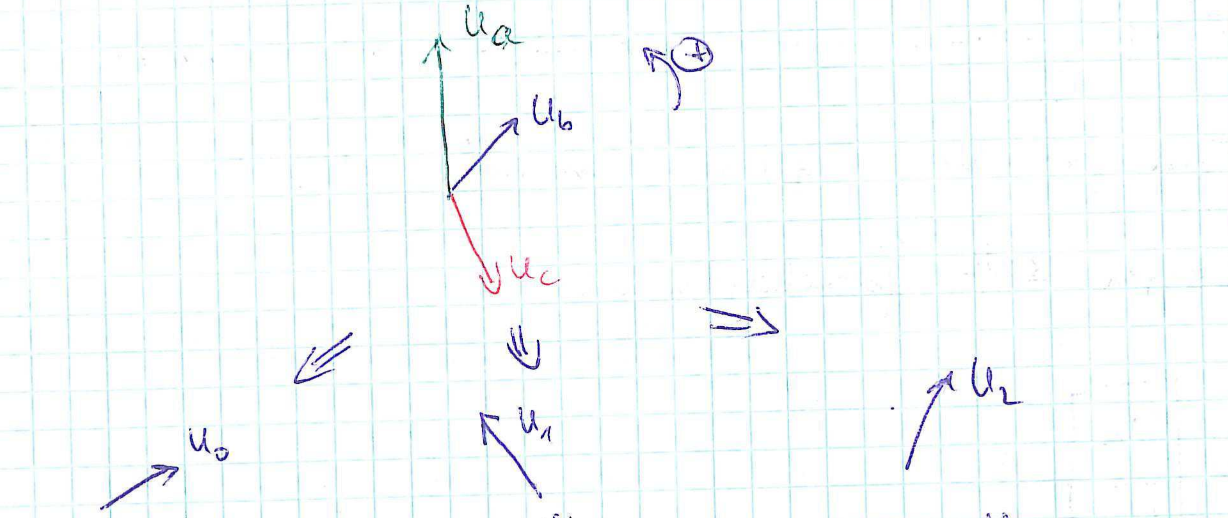
$$\begin{bmatrix} \bar{U}_0 \\ \bar{U}_1 \\ \bar{U}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}}_{T:\ \text{transzformációs mtx.}} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_a \\ \bar{U}_b \\ \bar{U}_c \end{bmatrix}$$

Ld. $\bar{U}_0$: zérus sorrendű feszültség

$\bar{U}_1$: pozitív sorrendű feszültség

$\bar{U}_2$: negatív sorrend feszültség.

Ugyanezt meg lehet csinálni áramokkal is.

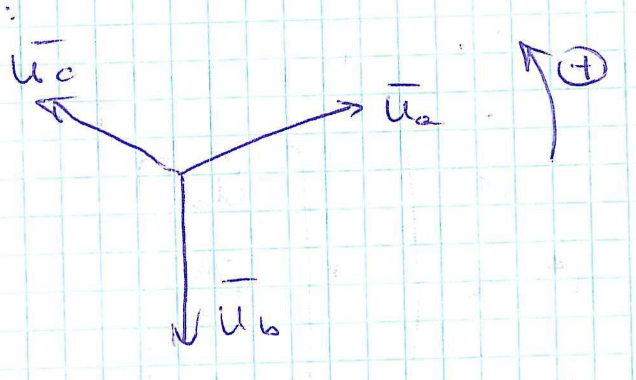


zérus sorrendű összetevő

pozitív sorrendű összetevő

negatív sorrendű összetevő.

pl:



$$\bar U_c = \bar U_a \cdot \bar a$$

az ábra. értél így nem változik, csak a szög

$$\bar U_b = \bar U_a \cdot \bar a^2$$

Vagyis

$$\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & \bar a & \bar a^2\\ 1 & \bar a^2 & \bar a\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}\bar U_a\\ \bar U_a\cdot\bar a^2\\ \bar U_a\cdot\bar a\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\frac{1}{3}\cdot\bar U_a\cdot\overbrace{\left(1+\bar a+\bar a^2\right)}^{=\emptyset}\\ \frac{1}{3}\cdot\left[\bar U_a+\bar U_a\underbrace{\bar a\bar a^2}_{=1}+U_a\underbrace{\bar a^2\bar a}_{=1}\right]\\ \frac{1}{3}\left[\bar U_a+\bar U_a\underbrace{\bar a^2\bar a^2}_{a}+\bar U_a\underbrace{\bar a\bar a}_{a^2}\right]\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0\\ \bar U_a\\ 0\end{bmatrix}$$

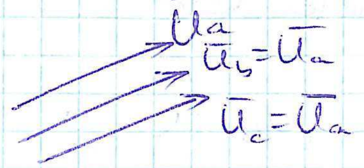
$$U_a\left(\underbrace{1+a+a^2}_{=\emptyset}\right)$$

Vagyis

$$\begin{bmatrix}\bar U_0\\ \bar U_1\\ \bar U_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0\\ \bar U_a\\ 0\end{bmatrix}$$

← tehát ~~eddig~~ a szimmetrikus rendszereknél elég volt csak a pozitív sorrendet venni.

Ha nem szimmetrikus a feszültségrendszer, akkor pl:



transzformáljuk ezeket:

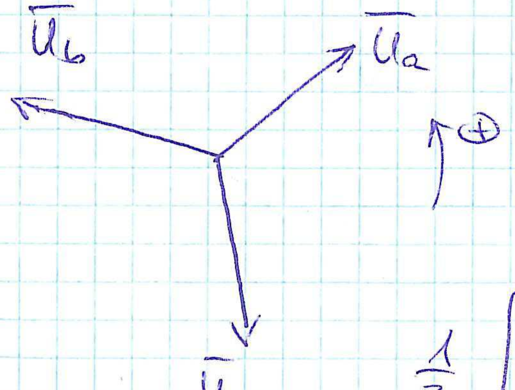
$$\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2\\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}U_a\\ U_a\\ U_a\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\overline{U}_a\\ \frac{1}{3}U_a(1+a+a^2)\\ \frac{1}{3}U_a(1+a^2+a)\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\overline{U}_a\\ 0\\ 0\end{bmatrix}$$

Egy ilyen rendszernek csak Ø sorrendű összetevője van:

$$U_0 = U_a$$

Ez olyan aszimmetrikus eset, ami mindhárom fázisban ugyanúgy (ugyanolyan fázisban) benne van.

Egy másik példa:



ez olyan, mint korábban, csak fordított sorrendbe

⇓ $\overline{U}_b = \overline{U}_a\cdot\bar{a}$

$\overline{U}_c = \overline{U}_a\cdot\bar{a}^2$

$$\frac{1}{3}\cdot\begin{bmatrix}1 & 1 & 1\\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2\\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}\overline{U}_a\\ \bar{a}\,\overline{U}_a\\ \bar{a}^2\,\overline{U}_a\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0\\ U_a\frac{1}{3}(1+a^2+a^3)\\ U_a\frac{1}{3}(1+a^3+a^3)\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}0\\ 0\\ U_a\end{bmatrix}$$

Ez a negatív sorrend.

De többnyire az antimetrikusnál nem tisztán egy komponens van, hanem mindegyik összetevőből valamennyi.

Ha U_0, U_1, U_2 adottak, akkor U_a, U_b, U_c -t a mtx invertével kaphatjuk meg:

$$T^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \end{bmatrix}$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{bmatrix} \overline{U}_a \\ \overline{U}_b \\ \overline{U}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \bar{a}^2 & \bar{a} \\ 1 & \bar{a} & \bar{a}^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \overline{U}_0 \\ \overline{U}_1 \\ \overline{U}_2 \end{bmatrix}$$