

## VEL I.4 Aszimmetrikus hibák számítási módszere, a hálózati elemek sorrendi helyettesítő vázlatai. Aszimmetrikus zárlatok számítása.

### Szimmetrikus összetevők módszere

Alapelve, hogy bármilyen tetszőleges aszimmetrikus háromfázisú fázor felbontható három, olyan szabályos háromfázisú, szimmetrikus fázorrendszerre, amelyek mindegyikében egy fázis fázorra szükségszerűen meghatározza a másik kettőt is. E három szimmetrikus fázorrendszer, a pozitív, a negatív és zérus sorrendű összetevők.

A zárlatszámítási feladatokban az aszimmetrikus fázorkép szimmetrikus összetevőkre bontása és a számított összetevőkből az aszimmetrikus fázorkép összeállítása.

Az aszimmetrikus fázorok meghatározása az „a” fázis szimmetrikus összetevőinek ismeretében:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_a \\ \bar{I}_b \\ \bar{I}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 111 \\ 1\bar{a}^2\bar{a} \\ 1\bar{a}\bar{a}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{I}_{a0} \\ \bar{I}_{a1} \\ \bar{I}_{a2} \end{bmatrix}$$

Az aszimmetrikus fázorok ismeretében az „a” fázis szimmetrikus összetevői:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{a0} \\ \bar{I}_{a1} \\ \bar{I}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 111 \\ 1\bar{a}\bar{a}^2 \\ 1\bar{a}^2\bar{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{I}_a \\ \bar{I}_b \\ \bar{I}_c \end{bmatrix}$$

Az összefüggésben az operátorok értékei:  $\bar{a} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j120^\circ}$  és  $\bar{a}^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j240^\circ}$ , ahol „j” a komplex egységfázor.

### Hálózati elemek sorrendi helyettesítő vázlatai:

#### GENERÁTOR:

##### Pozitív sorrendű reaktancia

A generátort a **tranziens reaktanciájával** vesszük figyelembe:

$$X_1 = X'_d$$

##### Negatív sorrendű reaktancia

A gyakorlatban **szubtranziens reaktanciával** számolunk:  $X_2 = X''_d$

**Szubtranziens reaktancia:** kisebb a tranziensnél, a szubtranziens áram nagyobb a tranziensnél.

##### Zérus sorrendű reaktancia

**A zérus sorrendű helyettesítő vázlat** sem tartalmaz feszültségforrást, mivel a szinkron generátor tiszta pozitív sorrendű feszültséget állít elő, így a feszültséggenerátor helyén rövidzár van.

**A zérus sorrendű reaktancia értéke** a generátor tekercskapcsolásától függően:

$$X_0 = \frac{X''_d}{2}$$

földelt csillagkapcsolás,

$$X_0 = \infty$$

szigetelt csillag vagy háromszög kapcsolás esetén.

	Szubtranziens állapot	Tranziens állapot	Állandósult állapot
Pozitív sorrendű			
Negatív sorrendű			
Zérus sorrendű			

Szinkrongenerátorok egyfázisú helyettesítő vázlatai pozitív, negatív és zérus sorrendű áramok esetén.

### SZABADVEZETÉK:

A szabadvezeték pozitív és negatív sorrendű reaktanciája megegyezik ( $X_V = x_V \cdot l_V$ )  
zérus sorrendű reaktanciája:  $3X_V$

### TRANSZFORMÁTOR:

A pozitív és negatív sorrendű reaktanciák és helyettesítő vázlatok megegyeznek, hiszen e transzformátor statikus elem:

$$X = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n}$$

A transzformátor zérus sorrendű reaktanciája a szerkezeti elrendezésétől és a transzformátor kapcsolásától függ.

Egy transzformátor a szórás reaktanciájával figyelembe vehető legyen a zérus sorrendű áramkörben, ahhoz a zérus sorrendű áramúton kívül ellenampermenetre is szükség van.

Zérus sorrendű áram csak olyan transzformátorban folyhat, amelyiknek egyik tekercselése csillagba vagy zeg-zugba van kötve és a csillagpontja földelt.

A gyakorlatban leggyakrabban előforduló transzformátor-kapcsolások zérus sorrendű helyettesítő vázlatai:

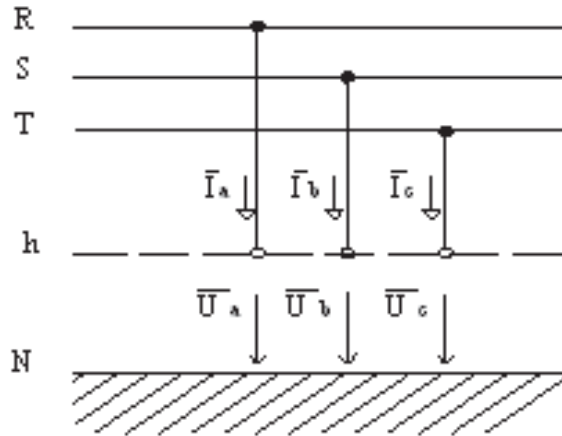


Kapcsolás	Zérus sorrendű helyettesítő

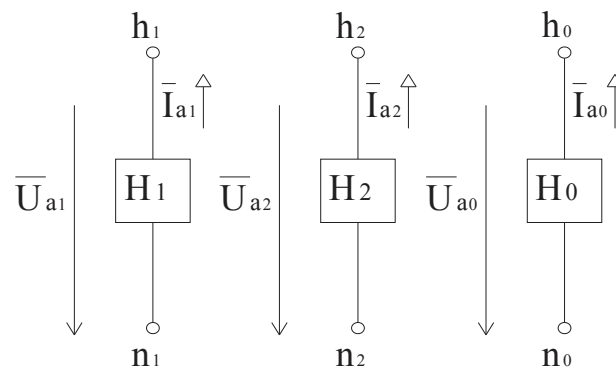
**SÖNT HIBÁK HIBAHELY KIALAKÍTÁSA:**

**Hibahelynek nevezzük** azt a helyet amely a hálózaton bárhol lehet , „h” betűvel jelöljük és úgy képezzük ki, hogy a három fázisvezetőről impedanciamentes kivezetéseket ágaztatunk le.

Ilyen kivezetés a valóságban nincs, azonban ezekre a képzelt kivezetésekre szükség van , hogy figyelembe tudjuk venni a hálózatból a hibahelyen kifolyó áramokat. ( $h_1, h_2, h_0; n_1, n_2, n_0$ )



Ezek után lehetőségünk van a különböző sorrendű hálózatok szimbolikus jelölésére ( $H_1, H_2, H_0$ ).

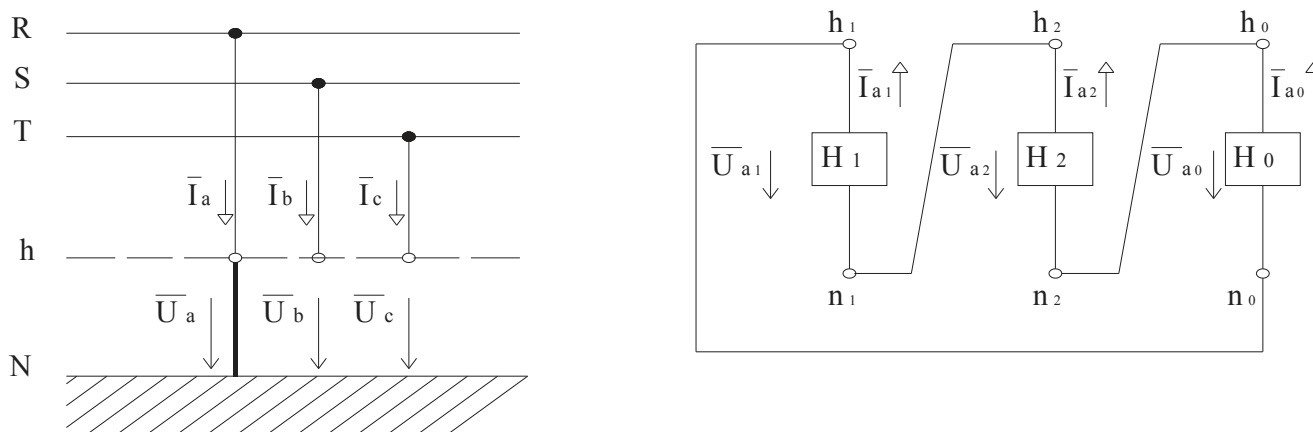


A helyettesítő hálózatok hibahelyi áram és feszültségösszetevői mind az „a” fázis mennyiségei.  
Azért az „a” fázis a választott referencifázis, mert összefüggéseinkben a többi fázis sorrendi összetevőit az „a” fázis összetevőivel fejezzük ki.

## FN zárlat számítása:

Olyan hálózatokban ahol a generátorok, transzformátorok csillagpontjai **impedanciamentesen** földeltek, az egyik fázis **földérintésénél** az áramkör kis impedancián keresztül záródik, és nagy rövidzárlati áram folyik.

FN zárlat hibahelyének kialakítása, helyettesítő hálózatok kapcsolása:



Az ábra alapján felírhatjuk a hibahelyre érvényes feszültség és áram összefüggéseket:

$$\boxed{\bar{U}_a = 0} \quad \boxed{\bar{I}_b = 0} \quad \boxed{\bar{I}_c = 0}$$

Írjuk fel a hibahelyi áram szimmetrikus összetevőit:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{a0} \\ \bar{I}_{a1} \\ \bar{I}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{I}_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \boxed{\bar{I}_{a0} = \bar{I}_{a1} = \bar{I}_{a2} = \frac{\bar{I}_a}{3}}$$

Ez azt jelenti, hogy egyfázisú földzárlat esetén mindhárom összetevő hálózatból a „h” hibahelyen ugyanakkora áram lép ki.

Figyelembe véve, hogy:  $\bar{U}_{a0} + \bar{U}_{a1} + \bar{U}_{a2} = 0$  azaz a három összetevő-hálózat feszültségének összege nulla.

A három hálózatot a hibahelyen sorba kell kötni. Ezek után választ tudunk adni, hogy hogyan folyik áram a negatív és zérus sorrendű hálózatban.

A pozitív sorrendű hálózat, amelyben a feszültségforrások vannak, a „h” ponton kerül kapcsolatba a másik két hálózattal, melyek csak passzív elemeket tartalmaznak.

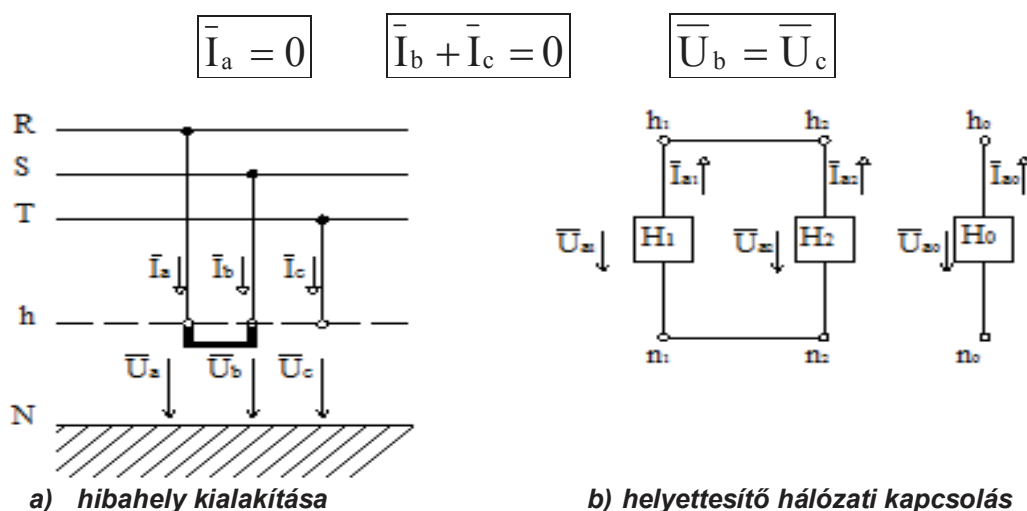
A hiba hatására az eddig feszültség és árammentes negatív és zérus sorrendű hálózatban áram folyik, és az összetevő hálózat különböző pontjain feszültséget lehet mérni.

Így bármely pontban, ill. ágon megállapítható a feszültség, ill. az áram három sorrendű összetevője, melyekből bárhol meghatározható a fázisáram és fázisfeszültség.

## Kétfázisú zárlat (2F) számítása:

A zárlatot a fázisra szimmetrikusan, a „b” és „c” fázisok között célszerű felvenni, míg a helyettesítő kapcsolások megoldásaként kapott hibahelyi áramok és feszültségek az „a” fázis szimmetrikus összetevői lesznek.

A hibahely ábra szerinti kialakításából a következő feltételek olvashatók ki:



A referencifázis hibahelyi áramának szimmetrikus összetevői:

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_{a0} \\ \bar{I}_{a1} \\ \bar{I}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{I}_b \\ -\bar{I}_b \end{bmatrix} \rightarrow \bar{I}_{a0} = 0 \rightarrow \bar{I}_{a1} = -\bar{I}_{a2}$$

Mivel  $\bar{I}_{a0} = 0$ , így a zérus sorrendű hálózaton nem folyik áram.

Ez azt is jelenti, hogy a földben nem folyik áram még akkor sem, ha a hálózat csillagpontjai mereven földeltek.

Ez viszont csak akkor lehetséges, ha a zérus sorrendű feszültség értéke is nulla, azaz  $\bar{U}_{a0} = 0$ .

Tehát a hibahely „a” fázisának feszültség összetevőire a következő írható:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \bar{U}_{a1} \\ \bar{U}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{U}_a \\ \bar{U}_b \\ \bar{U}_b \end{bmatrix} \rightarrow \bar{U}_{a0} = \frac{1}{3}(\bar{U}_a + 2\bar{U}_b) = 0 \rightarrow \bar{U}_{a1} = \bar{U}_{a2}$$

Miután  $\bar{I}_{a0}$  és  $\bar{U}_{a0}$  nulla, így a kapcsolatban csak a pozitív és negatív sorrendű hálózat szerepel, a zérus sorrendű hálózat az ilyen hibafajta számításakor el is hagyható.

### A hiba modellezésére a $H_1$ és $H_2$ párhuzamos kapcsolása a megfelelő.

A fenti képletből kifejezhető:

$$\bar{U}_b = -\frac{\bar{U}_a}{2}$$

Tehát a hibás fázisok feszültségének nagysága az ép fázis feszültségének a fele.

Ha figyelembe vesszük a mátrixegyenlet 2. és 3. sorát megkapjuk, hogy:

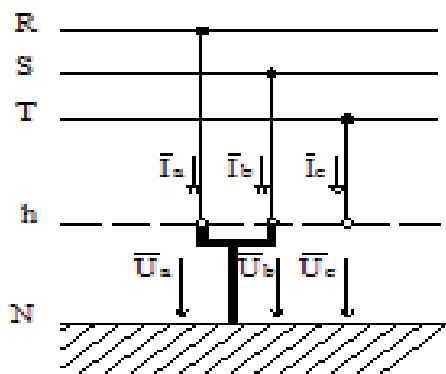
$$\bar{U}_{a1} = \bar{U}_{a2} = \frac{\bar{U}_a}{2}$$

Azaz megkapjuk, hogy az ép fázis feszültségének a fele adja a pozitív, ill. negatív sorrendű feszültség-összetevőt a hibahelyen.

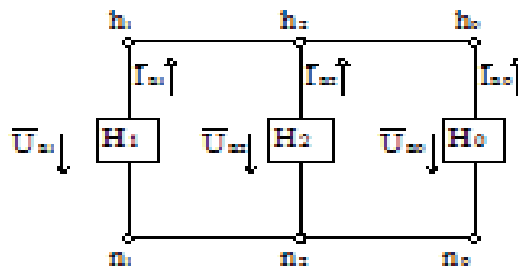
## Kétfázisú földrövidzárlat (2FN) számítása:

A „h” hibahelyet megint az „a” referenciafázisra szimmetrikusan alakítjuk ki, azaz a **b** és **c** pontokat kötjük össze egymással és a földdel.

Az áramokra és feszültségekre három hibahelyi feltétel írható fel:  $\bar{I}_a = 0$ ;  $\bar{U}_b = 0$ ;  $\bar{U}_c = 0$



a) hibahely kialakítása



b) helyettesítő hálózati kapcsolás

Írjuk fel a hibahelyi feszültségösszetevők számítására szolgáló összefüggést a fenti feltételekkel:

$$\begin{bmatrix} \bar{U}_{a0} \\ \bar{U}_{a1} \\ \bar{U}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^{-2} \\ 1 & a^{-2} & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{U}_a \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \bar{U}_{a0} = \bar{U}_{a1} = \bar{U}_{a2} = \frac{\bar{U}_a}{3}$$

Tehát mind a három sorrendi hálózat feszültsége a „h” és „n” pontok között egyforma.

$$\boxed{\bar{I}_{a0} + \bar{I}_{a1} + \bar{I}_{a2} = 0}$$

Ezek szerint a három hibahelyi összetevő egy csomópontba fut össze.

A fenti feltételeknek a három összetevő **párhuzamos kapcsolása tesz eleget.**

A helyettesítő kapcsolásból következik, hogy a feszültségforrással rendelkező  $H_1$  hálózatból kifolyó áram, az impedanciák által megadott arányban a  $H_2$  és  $H_0$  hálózatokon megoszlik.