

VEL II.7 Kisfeszültségű vezeték méretezési szempontjai sugaras és kétoldalról táplált vezeték méretezése.

Kisfeszültségű vezeték méretezési szempontjai

Négy alapszempont: műszak, emberi (személyi biztonság), gazdaságossági, szakmai jogi.

Műszaki:

- villamosenergia-szolgáltatás minőségi jellemzőinek (feszültség, frekvencia) biztosítása a fogyasztói pontokon;
- a folyamatos energiaellátás biztosítása, megfelelően a villamos, melegedési és szilárdsági szempontoknak
- létesítési- és az érintésvédelmi előírások betartása.

Gazdaságossági: beruházási és üzemeltetési költségek együttes minimumára,- a rövid létesítési időre és hosszú élettartamra való törekvés.

A törvényes előírások (szabványok), rendeletek betartása.

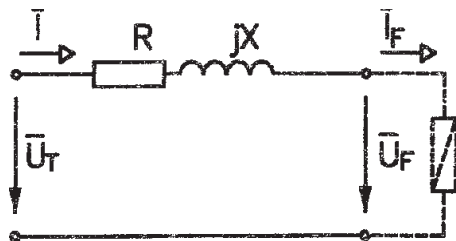
A fogyasztói fesz. mindig a szabványos tűrőhatáron belül maradjon!

Kisfeszültségű elosztóhálózatokon: +7,8 % és -7,4 %

Nagyfeszültségű hálózatokon: +15 % és -10 %.

Aktív módja a feszültség szabályozás, a passzív pedig a feszültség esésre méretezés.

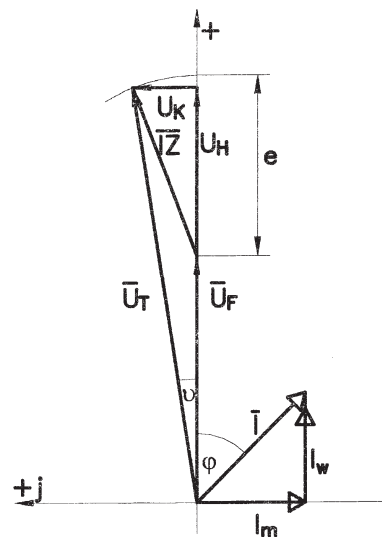
Feszültség esés:



$$e' = |\bar{U}_T| - |\bar{U}_F| \quad \text{és} \quad \varepsilon = \frac{e}{|\bar{U}_T|} \cdot 100\%$$

$$\text{tehát} \quad \varepsilon = \frac{|\bar{U}_T| - |\bar{U}_F|}{|\bar{U}_T|} \cdot 100\%$$

$$\bar{Z} = R + jX \quad \text{és} \quad \bar{I} = I_w - jI_m$$



$$\bar{U}_T - \bar{U}_F = \underbrace{(I_w \cdot R + I_m \cdot X)}_{U_H} + j \underbrace{(I_w \cdot X - I_m \cdot R)}_{U_K}$$

$$\bar{U}_T - \bar{U}_F = \bar{I} \cdot \bar{Z} = (I_w - jI_m) \cdot (R + jX)$$

$$\text{Azaz} \quad \bar{U}_T - \bar{U}_F = U_H + jU_K$$

Ha az \bar{U}_T és \bar{U}_F közti szög kicsi akkor: $e \approx U_H = I_w \cdot R + I_m \cdot X$

Ferranti jelenség: Kapacitív terhelő áram vagy hosszabb távvezeték üresjárása esetén:

$$\bar{U}_T \succ \bar{U}_F (-j2X_C)$$

Mértékadó feszültségesés egy fázisnál vagy egyenáramnál:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{2}$$

$$\text{Háromfázisnál:} \quad e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Négyszakos rendszer:} \quad e' = 0,75 \cdot \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

Teljesítmény veszteség

A vezetéken az átfolyó áram hatására wattos veszteség (v) keletkezik, amely hő formájában a környezetnek átadódik.

$$v = P_T - P_F$$

A v mértékének megítéléséhez, annak **százalékos értéke**: $\alpha = \frac{v}{\sum P_n} \cdot 100\%$

Egyfázisú táplálásnál a mértékadó teljesítményvesztés:

$$v' = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{\sum P_n}{2}$$

Háromfázisú táplálásnál a mértékadó teljesítményvesztés:

$$v' = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{\sum P_n}{3}$$

A vezeték méretezés feltételének megválasztása:

A szokásos betartandó értékek: $\varepsilon = 3\%$; $\alpha = 5$ és ezek aránya $\frac{\varepsilon}{\alpha} = \cos^2 \varphi$

Ebből következik, hogy ha $\cos \varphi < 0,8$ akkor teljesítményvesztésre, ha nagyobb akkor feszültségesésre méretezünk.

Sugaras vezeték méretezése feszültségesésre

Tetszőleges sugaras hálózatra a méretezés menete:

1., A megengedett százalékos feszültségesésből meghatározzuk a mértékadó feszültségesést:

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{2}; \quad e' = \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}; \quad e' = 0,75 \cdot \frac{\varepsilon}{100} \cdot \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

2., Kiszámítjuk az egyes fogyasztók wattos áramait:

$$I_{iW} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_n} \cdot \cos \varphi_i$$

3., A fogyasztók tápponttól vett távolságának ismeretében kiszámítjuk a törzsvezeték keresztmetszetét (A_{0sz}):

$$A_{0sz} = \frac{\rho}{e'} \sum_{j=1}^n I_{jW} \ell_{0j}$$

4., A törzsvezeték névleges keresztmetszetét meghatározzuk $A_{0n} \geq A_{0sz}$ és ellenőrizzük terhelhetőségre.

5., Kiszámítjuk a törzsvezetéken eső tényleges feszültségesést:

$$e'_0 = \frac{\rho}{A_{0n}} \ell_0 \sum_{j=1}^n I_{jW}$$

Majd ez alapján a következő vezetékszakra megengedett feszültségesés:

$$e'' = e' - e'_0$$

Ezután a sugaras hálózatot a törzsvezeték végén lévő elágazási pontban felhasítjuk, ezáltal a törzsvezeték mögötti hálózatrész sugaras vezetésekre esik szét, melyek első vezetékszakaszát törzsvezetéknek tekinthetjük.

A megoldásmenetet 2-től 6-ig megismételve ezen újabb vezetékszakaszok keresztmetszete meghatározható.

Sugaras vezeték méretezése teljesítményvesztésre

Először meghatározzuk minden szakaszban a látszólagos áramokat:

$$I_x = \sqrt{I_{xW}^2 + I_{xm}^2}$$

Majd ebből a mértékadó teljesítményvesztés:

$$v' = \rho \sum_{x=1}^m I_x^2 \frac{\ell_x}{A_x} [W];$$

ahol: „m” a vezetékszszakok száma.

És ebből a százalékos veszteség:

$$\alpha = \frac{2v'}{\sum P_n} 100;$$

vagy:
$$\alpha = \frac{3v'}{\sum P_n} 100$$

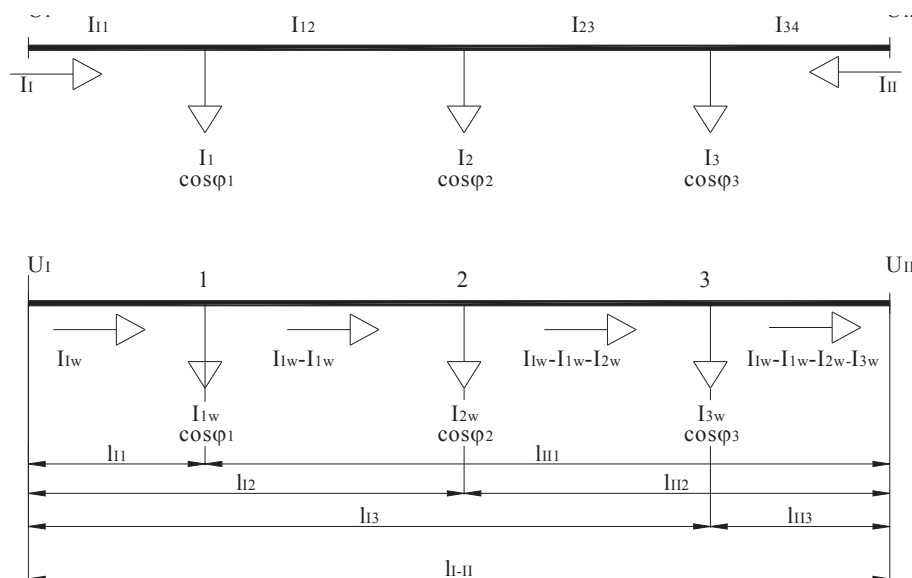
A gyakorlatban α elfogadható értéke kb. 5%.

Két végéről azonos feszültséggel táplált vezeték méretezése feszültségesésre

Az olyan vezeték, amelynek a kezdő és végpontja azonos feszültségen van, **körvezetéknek** nevezzük, miután általában a két végpont azonos táppontból indul.

Az ábra vezetékét tehát mint táppontban felnyitott és kiterített körvezetékét tekinthetjük. **Az**

ábrán: $U_I = U_{II}$



A szakaszáramokra felvett irányokat **önkéntesen** választottuk.

Az egyes szakaszokon azonos keresztmetszetet feltételezve, **a szakaszok mértékadó feszültségesései** az alábbiak lesznek:

$$e'_{11} = \frac{\rho}{A} I_{1W} \ell_{11}$$

$$e'_{12} = \frac{\rho}{A} (I_{1W} - I_{1W}) \ell_{12}$$

$$e'_{23} = \frac{\rho}{A} (I_{1W} - I_{1W} - I_{2W}) \ell_{23}$$

$$e'_{311} = \frac{\rho}{A} (I_{1W} - I_{1W} - I_{2W} - I_{3W}) \ell_{311}$$

E feszültségesések összegének, vagyis a vezeték teljes feszültségesésének definíciószerűen egyenlőnek kell lennie a két táppont közötti feszültségkülönbséggel, mely utóbbi viszont nulla:

$$U_I - U_{II} = 0$$

Tehát:

$$e' = e'_{11} + e'_{12} + e'_{23} + e'_{311} = 0$$

A feszültségesések értékeit behelyettesítve:

$$\frac{\rho}{A} (I_{1W} l_{11} + (I_{1W} - I_{1W}) l_{12} + (I_{1W} - I_{1W} - I_{2W}) l_{23} + (I_{1W} - I_{1W} - I_{2W} - I_{3W}) l_{311}) = 0$$

Mivel igaz hogy: $\frac{\rho}{A} \neq 0$

Így a zárójelben lévő kifejezésnek kell nullának lennie, ami rendezés után az alábbi egyenletre vezet:

$$I_{1W} (l_{11} + l_{12} + l_{23} + l_{311}) - I_{1W} (l_{12} + l_{23} + l_{311}) - I_{1W} (l_{23} + l_{311}) - I_{1W} (l_{311}) = 0$$

Amiből:

$$I_{1W} = \frac{I_{1W} (l_{12} + l_{23} + l_{311}) + I_{2W} (l_{23} + l_{311}) + I_{3W} l_{311}}{l_{11} + l_{12} + l_{23} + l_{311}}$$

Az így kapott egyenlet számlálójában a terhelőáramok és a terhelések a II. tápponttól mért távolságának szorzatát, vagyis a II. táppontra vett áramnyomatékok összegét találjuk. A nevezőben levő összeg pedig a vezeték teljes hossza "l_{I,II}"

Ezt figyelembe véve, általánosan n db fogyasztó esetében írható:

$$I_{1W} = \frac{\sum_{j=1}^n I_{jW} l_{jII}}{l_{I,II}} [A]$$

Amely egyszerűbben is megkapható Kirchhoff I. törvénye alapján:

$$I_{IIW} = \left(\sum_{j=1}^n I_{jW} \right) - I_{1W}$$

Fentiekből látható, hogy az áramnyomatékokat mindig a keresett tápponti árammal ellenkező oldali táppontra kell kiszámítani.

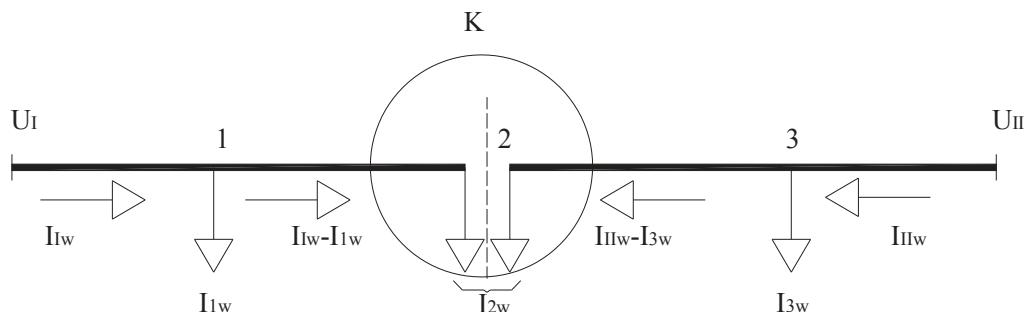
A tápponti áramok ismeretében a vezeték szakaszáramai Kirchhoff I. törvénye alapján meghatározhatók.

Lesz egy olyan fogyasztó, ahova mindkét táppont felől befolyik az áram(K).

Miután a szakaszáramok mindkét táppontból a kétfelől táplált K pont felé mutatnak ezért ennek a pontnak lesz a legkisebb a feszültsége, azaz mindkét oldal felől eddig a pontig lesz a legnagyobb a feszültségesés.

A K pontban tehát a vezetéket felvághatjuk, és a két szakaszt az egyoldalról táplált vezeték méretezése alapján el tudjuk végezni. Mivel a K pontban a feszültségesés bármely oldalról számítva is azonos, a méretezést elegendő az egyik oldalról elvégezni.

Az így módon kiszámított keresztmetszet lesz a két végéről azonos feszültséggel táplált vezeték keresztmetszete.



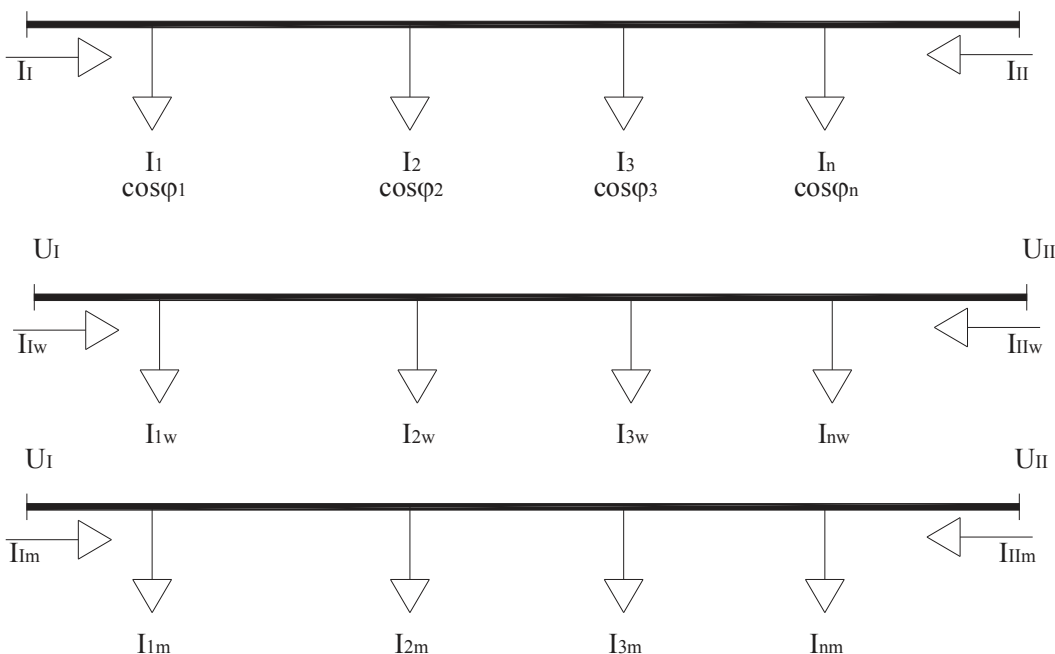
Két végéről azonos feszültséggel táplált vezeték méretezése teljesítményvesztésre

Tekintsük az alábbi ábra két végéről azonos feszültséggel táplált több fogyasztóval terhelt vezetékét! Az egyes szakaszok veszteségeinek meghatározásához ismerni kell a szakaszáramokat. Ehhez ki kell számítani a fogyasztói áramok hatásos és meddő összetevőit:

$$I_{kw} = I_k \cos \varphi_k$$

$$I_{km} = I_k \sin \varphi_k = I_{kw} \operatorname{tg} \varphi_k$$

A következő feladat az árameloszlás – azaz a látszólagos áramok nagyságának a meghatározása, mivel a fogyasztói áramok wattos- és meddő összetevői külön-külön egymással mind fázisban vannak, így a valóságos terhelési állapotot két egymástól független terhelési állapotokra bonthatjuk. Az egyikben csak wattos áramok, a másikat csak meddő áramok szerepelnek.



E két állapotról a külön-külön határozandó meg az árameloszlás

és. Meghatározhatók a táppontokon befolyó áramok hatásos összetevői, majd ezek ismeretében a wattos árameloszlás. A két vezetékvégpont azonos feszültsége miatt a keresztirányú feszültségesés is nulla, minek következtében a hatásos áramösszetevőkre levezetett összefüggéssel teljesen azonos kifejezést kapunk az I.-es táppontból befolyó áram meddő összetevőjére:

$$I_{Im} = \frac{\sum_{j=1}^n I_{jm} \ell_{jII}}{\ell_{I,II}} \text{ [A]}$$

A meddő árameloszlás a tápponti meddő összetevő ismeretében egyszerűen meghatározható. (A meddőáram eloszlás kétfelől táplált pontja független a hatásos árameloszlás kétfelől táplált pontjának helyétől.) Nyilvánvaló, hogy a wattos árameloszlás és a meddő árameloszlás ismeretében a szakaszáramok mint az egyes szakaszok, meddő- és wattos összetevőinek eredői meghatározhatók. Az elmondottak alapján tehát az egyes szakaszáramok nagysága :

$$I_{xy} = \sqrt{I_{xyw}^2 + I_{xym}^2}$$

Teljesítménytényezője :

$$\cos \varphi_{xy} = \frac{I_{xyw}}{I_{xy}}$$

Mind a két összetevőre vonatkozóan lesz egy-egy kétfelől táplált fogyasztó, de nem szükségszerűen ugyanazon fogyasztó. Ennek nincs különleges jelentősége, mivel a szakaszok látszólagos áramát az illető szakaszban folyó wattos és meddő áramok négyzetösszegéből képezzük.

A szakaszáramok ismeretében a vezetéken keletkező mértékadó teljesítmény veszteség, ha az I-es táppontot 0-val, a II.-es táppontot „n+1”-el jelöljük:

$$v' = \frac{\rho}{A} \sum_{k=1}^{n+1} \ell_{(k-1)k} I_{(k-1)k}^2 \text{ [W]}$$

A fenti egyenletből a szükséges keresztmetszet – a mértékadó teljesítményveszteség ismeretében számítható, azaz a vezeték szükséges keresztmetszete:

$$A = \frac{\rho}{v'} \sum_{k=1}^{n+1} \ell_{(k-1)k} I_{(k-1)k}^2 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Ahol az n a fogyasztók száma.

Itt sem szabad azonban elfeledkezni a méretezett vezeték feszültségesésre való ellenőrzéséről! (A feszültségesés számításakor csak a wattos áramképet kell figyelembe venni, így a legnagyobb feszültségesés a wattos áramkép kétfelől táplált pontjában van)

Ezen kívül terhelhetőségre is ellenőrizni kell a vezetéket, amely szempontból a táppontokon befolyó áramok nagyobbika a mértékadó (látszólagos áram).

Két végéről különböző feszültséggel táplált vezeték méretezése

A feladatot a szuperpozíció elve alapján megoldva:

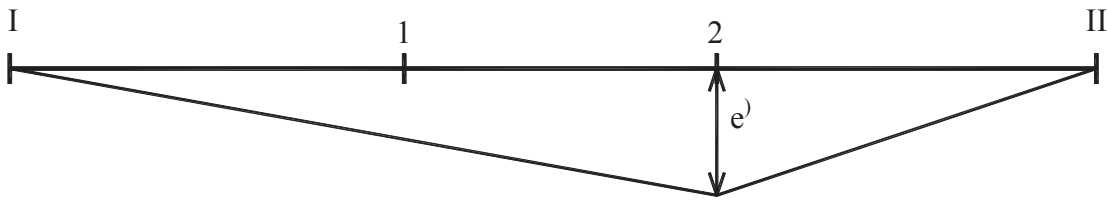
Meghatározzuk a szakaszáramok értékét a táppontokon azonos (névleges) feszültséget feltételezve: $U_I = U_n = 400V$

A nyomatéki tétel alapján

$$I'_{Iw} = \frac{l_{II1} * I_{1w} + l_{II2} * I_{2w}}{l_{I-II}}$$

$$I'_{12} = I'_{Iw} - I_{1w} \quad \text{és} \quad I'_{IIw} = I'_{12} - I_{2w}$$





ebből

$$e' = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

A megengedett feszültségesés és a tápfeszültségek eltéréséből adódó feszültségesés alapján meghatározzuk a vezeték szükséges keresztmetszetét, a névleges feszültségű oldal felől

számolva:
$$U' = \frac{U_{II} - U_I}{\sqrt{3}}$$

és
$$e'_2 = e' + e'_k$$

$$A_{sz} \Rightarrow A_t$$

Ez alapján a tápponti feszültségek eltérése miatt fellépő üresjárású áram értéke kiszámolható:

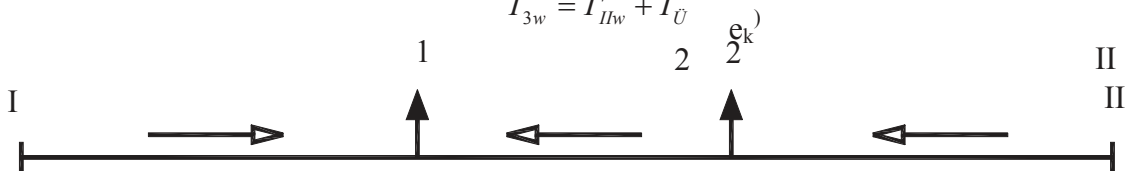
$$I_{\bar{U}} = \frac{U_I - U_{II}}{\sqrt{3}} * \frac{A_t}{\rho * l_{I-II}}$$

A tényleges szakaszáramokat a két áram előjeles (irányhelyes) összegzésével kapjuk meg:

$$I_{1w} = I'_{Iw} + I_{\bar{U}}$$

$$I_{2w} = I'_{I2} + I_{\bar{U}}$$

$$I_{3w} = I'_{IIw} + I_{\bar{U}}$$



A tényleges feszültségesést meghatározzuk (ellenőrzés):
$$e'_1 = \frac{\rho}{A_t} * \sum l_{li} * I_{szi}$$