

VEL II.8 Szabadvezetékek kialakítása, szilárdsági számítások (vezetékanyagok, alapfajták, tartószerkezetek, szigetelők és szerelvényeik).

A szabadvezeték olyan csupasz (burkolt, esetleg szigetelt) vezeték, amely a földtől elszigetelten a véletlen érintés megszabta magasságban tartószerkezeten van elhelyezve.

Szabadvezetési vezetőanyagok

A szabadvezetési vezetőanyagokkal szemben támasztott követelmények összetettek. **Elsődleges a mechanikai biztonság.**

A gazdaságos létesítés.

Az olcsó üzemeltetés veszteségek, karbantartás, felújítás költségei.

A szabadvezetékek céljára általánosságban csupasz sodronyokat alkalmaznak.

Az azonos átmérőjű elemi szálaból sodort sodrony felépítése 6-os rendszer szerint történik. (1–6–12–18–...)

A többrétegű sodrony egymást követő rétegeinek sodrásiránya ellentétes, de a külső sodrat mindig jobbmenetű. Indokolt esetben külső rétegének sodrásiránya balmenetű lehet.

A szabvány szerint csak hegesztéssel lehet toldani!

A toldási távolság elemi szálaban 500 m-nél, egy rétegben 20 m-nél, különböző rétegekben 5 m-nél nem lehet kisebb. A toldás helye a sodrony legkülső rétegén gyárilag maradandóan jelölt.

Sodronyszerkezetet alkotó huzalanyagok fizikai jellemzői:

- Sűrűség $[\rho] = g/cm^3$
- Rugalmassági tényező $[E] = N/mm^2$
- Lineáris hőtágulási együttható $[\alpha] = 1/^\circ C$
- Fajlagos egyenáramú ellenállás $[r_{20}] = \Omega mm^2/m$
- A villamos ellenállás hőmérsékleti együtthatója (10-30°C intervallumban)

A csupasz vezetéksodrony huzalanyag szerinti típusai:

Alumínium Al 99,5 E(k)

A vezetéksodrony jele ASC.

Vezetőanyagának csak 99,5 % tisztaságú alumínium használható.

Az Al vezetéksodrony szakítószilárdsága 140...180 N/mm², csak kisméretű hálózatokon alkalmazzák (kicsik az oszlopközök (20...40 m)).

Ötvözött alumínium Al Mg Si Fe

A vezetéksodrony jele AASC. (nemesített alumínium, ill. az aludur)

A nemesített alumínium szakítószilárdsága 300 N/mm².

Hazai középvezetési távvezetéseinket úgyszólván kizárólag nemesített alumínium sodronnyal szerelik.

Acélalumínium (ACSR) vagy ötvözött alumínium-acél (AACSR)

A szakmai nyelvben ACAL.

A sodronyt az acél és az alumínium keresztmetszetének arányával jelöljük.

Hazai viszonyok között általánosságban 1:6 arányú sodronyt alkalmazunk. A szilárdsági számításoknál a két fém egyenmű anyagként kezelhető.

Acél

A szabadvezetékeket légköri túlfeszültség ellen védő ún. védővezeték is acélalumíniumból készül.

A burkolt szabadvezeték (BSZV)

Szigetelt szabadvezeték

Egyszerű szigetelt szabványos keresztmetszetű sodrony, amelyet kiefeszültségen alkalmaznak. Névleges feszültsége 1 kV.

PVCA felfüggesztés mechanikai terheit a csupasz nullavezető viseli.

Szabadvezeték optikai szállal (üvegszál)

Dinamikus hatások

Az erősebb szél mindig löketes, s ez változó nagyságú és periódusú oldalkilengésre készíti az oszlopköz vezetőit.

Sokkal veszedelmesebb dinamikai hatást fejt ki a vezetők függőleges irányú olyan kilengése, amely azáltal keletkezik, hogy a zúzmarával erősen terhelt vezetőről helyenként a zúzmara lehull, és a terhétől megszabadult vezető felcsapódik. Ilyen dinamikus hatások megakadályozására a méretezés során gazdasági okok miatt nem gondolhatunk.

A vezetők rezgése

Ha a távvezeték nyomvonalára merőlegesen, vízszintesen, 1-5 m/s sebességű, lamináris szél fúj, a vezetők kis hullámhosszúságú és kis amplitúdójú rezgésbe jönnek

A rezgésbe jött vezetők eredő igénybevétele a következőkből tevődik össze:

- A szerelési, statikus húzóerő, amelynek pillanatnyi nagysága, a hőmérséklettől függ (**alap igénybevétel**).
- A rezgés okozta hajlító igénybevétel.
- a belógási görbe alakjának rezgés közben végbemenő változásából származó húzófeszültség.

Ezek az igénybevételek lassanként kifáradásos száltöréseket okoznak elsősorban a sodrony külső, jobban igénybe vett rétegében.

A **Stockbridge aktív rezgés csillapító** a szél okozta rezgések energiájának felemésztésével a rezgéseket hatásosan tompítja.

Völgy-, vagy folyóátfeszítésekben alkalmazott passzív rezgés csillapító a **vértburrok**.

Sodronyok megengedett teherbíró képessége

A vezetők súlyuk hatására a két felfüggesztési pont között belógnak **láncgörbe**, más néven **kötélgörbe** szerint.

A belógás nagysága függ a vezetőre ható erőhatásoktól és az oszlopok távolságától, valamint attól az erőttől, amellyel a vezetőt kifeszítjük.

A szabadvezeték statikailag annál biztonságosabb, minél kisebb a vezetőket feszítő erő, mert annál kisebb a veszélye annak, hogy a vezeték külső túlerő hatására elszakad.

A vezetők teherbíró képessége

A vezetők szilárdsági jellemzőiről – miután kizárólag húzó igénybevételre kell méretezni – a **szakítási próba** ad felvilágosítást.

Minden alumínium sodrony, **hosszú ideig állandóan ható igénybevétel hatására a szakítószilárdságnál (σ_B)** kisebb feszültségértéknél elszakad.

A tartós szilárdság (σ_t) egy olyan állandóan ható igénybevétel, mely hatására a vezető egy év múltán szakad el.

A tartós szilárdság rendkívüli viszonyokra meghatározza azt a legnagyobb igénybevételt, amely kivételesen a vezetőt még terhelheti.

A szabadvezetéki szabvány szerint az oszlop viseli:

-Állandó teher:

- mindig figyelembe vesszük, de az összes változó és járulékos hatást nem kell kibírnia.
- Súlyterhek: oszlop + tartószerkezetek súlya + 2 szomszédos oszlopközben függő vezeték fele súlya pótteher nélkül.

-Változó teher:

- vezetők vízszintes húzóerői
- szélterő
- pótteher
- szerelési erők

-Járulékos terhek:

- amelyek az előbb felsoroltakon kívül befolyásolják az oszlop teherbírását. (Pl.: alapferdülés, hőmérséklet ingadozás)

Az oszlopot rendeltetésük és anyaguk szerint csoportosítjuk:

-Rendeltetésük szerint:

- nyomvonalbeli helyzete szerint lehet álló vagy sarok oszlop
- a vezetők felfüggesztésének módja szerint lehet tartó vagy feszítő

-Anyaguk szerint: fa, beton, acél, alu

Rendeltetésük szerint:

1. Tartóoszlop
2. Saroktartóoszlop
3. Feszítő oszlop
4. Sarokfeszítő oszlop
5. Végoszlop
6. Leágazó oszlop
7. Keresztező oszlop
8. Fázisforgató oszlop

Anyaguk szerint:

1. Fa
2. Beton
pörgetett betonoszlop
3. Acél
4. Alu

Oszlopkonstrukció

Az oszlopok kialakításával és összeépítésével feszítő vagy saroktartó oszlopszerkezetek készíthetők.

- Kikötött oszlop: beton vagy fa konstrukció
- Kitámasztott oszlop: fa vagy beton szerkezet.

- Ikeroszlop: Két azonos oszlopból összeszerelt fa vagy beton szerkezet.
- Bakoszlop: két azonos fa vagy betonoszlopból „A” alakban összeszerelt , csúcsokon összefogott szerkezet.
- Gúlaoszlop: csak fából kivételes oszlopból.
- Portálszerkezet: fa vagy beton.
- Rácsos szerkezetű acéloszlop: három fő része: oszlopcsonk, oszloptörzs, oszlopfej.

A terhelőerők felvétele szempontjából:

Önhordó: a terhelőerőket a vasszerkezet veszi fel.

Kikötött: a terhelőerőket a kikötősodrony és az acélszerkezet veszi fel.

(BOGLÁR, MÁTRA, FÖLDVÁR, DUNA)

Oszlopalapozások, oszlopföldelés kialakítása, földelési ellenállás

Az alapozás célja: az oszlop rögzítése. a várható erők miatt megengedhetetlen elmozdulások ne következzenek be. (MSZ 151. TARTALMAZZA)

Az alapozás függ: az oszloptól és a talajtól.

Alaptól elvárjuk, hogy legyen:

- Teherbíró: biztonsággal viselje a terheket
- Állékony: ne dőljön ki, ne csússzon el még rossz talaj esetén sem
- Egyenlőtlen süllyedéstől mentes: még rossz talaj esetén is

1. Beásott alap

2. Befogott alap: álló hasáb alakú betontest, mely a ráháruló erőket az oldalain adja át. A talplemez nem számít.

3. Súlyalap:

Lépcsős vagy csonka gúla alakú betontömb. Itt a talplemezen adja át a talajnak a terhelést.

4. Különleges alapok: laza talaj, mocsár, ártér esetén, vagy ha mélyen van a teherbíró réteg.

- Talpas alap
- Cölöpalap
- Kútalap
- Ártéri alap
- Úszó vagy tutajalap

5. Előre gyártott alap: (750+400 kV-on) nyomott vasbeton gomba alap

Oszlopföldelés kialakítása:

Földelési ellenállás = földelő szétterjedési ellenállás+ földelővezető impedanciája.

-Földelő vezető (a földelő és az oszlop közötti fémes összeköttetés)

-Földelő (a talajban jó áramátmenet a föld felé)

-Bontási hely (a földelés szétterjedési ellenállásának mérésére)

A földelő lehet:

-Függőleges: hegyes lemélyített köracél rúd. -Vízszintes: felszíni a fagyhatár (80 cm) alatt vízszintesen.

Lehet: -sugarasan szétágazó

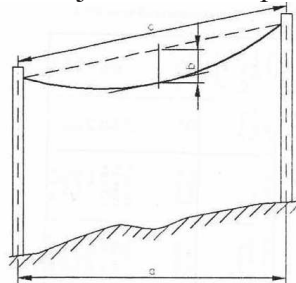
-keretföldelő

-földelőháló

-földalatti, összes oszlopot összekötő talajvezető

Szabadvezeték belógásának számítása

Belógás: A szabadvezeték vezetőjének az oszlopköz közepén mért függőleges távolsága a felfüggesztési



pontokat összekötő húrtól.

A vezeték alakja láncgörbe ill. kötélgörbe, melyek egyenlete bonyolult ($Y = p \cdot ch \frac{x}{p}$; $p = \frac{\sigma_H}{\rho g}$)

hatványsorba fejtséssel átalakítva parabolával helyettesítjük. Ezt akkor tehetjük meg az MSZ 151 szerint, ha a belógás kisebb, mint 20 m vagy az oszlopköz 7,5%-a.

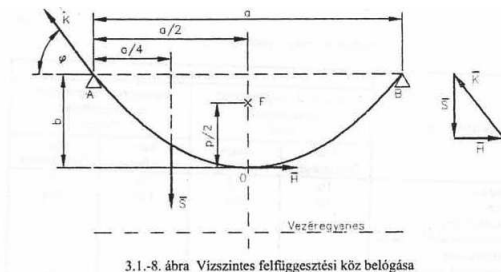
Ha vízszintes az oszlopköz:

-egyszerűsítések:

- a fél ív súlypontja a felfüggesztéstől $\frac{a}{4}$ -re

- A vezeték súlyát az oszlopközzel vesszük arányosnak (ív hossz helyett)

$$S = s \cdot \frac{a}{4}$$



%-os belógás: $\beta = \frac{b}{a} \cdot 100\%$ (akkor lehet parabolával számolni, ha nem nagy a belógás –max. 7,5 % ill. 20m)

Egvensúlyi egyenlet:

$$Hb = S \cdot \frac{a}{4} \Rightarrow \sigma_H \cdot b = S \cdot \frac{a}{4}; S = cA\rho g \approx A\rho g \Rightarrow b = \frac{a^2 \rho g}{8\sigma_H} \text{ H m}; \sigma_H = \frac{a^2 \rho g}{8b}$$

Belógás az oszlopköz tetszőleges helyén: $bx = b - 4b \left(\frac{x}{a} \right)^2$

A vezeték hossza (l), a parabola ív hossza: $l = a + \frac{8}{3} \cdot \frac{b^2}{a}$

7,5% vagy 20 m felett: $b'' = b + \frac{4}{3} * \frac{b^3}{a^2} \text{ m}$; és $\sigma_H = \sigma_{\max} - b_z \rho_z g$

Ferde: ha ψ a vízszinteshez képest bezárt szög $b_f = \frac{a^2 \rho g}{8 \sigma_H \cos \psi} \text{ m}$

A ferde belógás a vízszintes belógás $\frac{1}{\cos \psi}$ -szerese!

$$\sigma_f = \frac{\sigma_H}{\cos \psi} = \frac{a^2 \rho g}{8 b \cos \psi}$$

Szabadvezetési vezeték elrendezés és méret szabályai hozzálegés szerkesztés

I. A vezeték elrendezés méretszabályai: MSZ 151 1. Biztonsági intézkedések:

- Közvetlen érintés elleni védelem
- Közvetett érintés elleni védelem: szabvány szerint, földelés!
- felüljárók, hidak alatt feszített vezetékek, felülről történő érintés elleni védelemre.
- Csupasz tartó sodrony null vezetőként felhasználható.

2. Föld feletti magasság: 120 kV felett (U-120) cm-rel kell még emelni. Célszerű az előírt értéket 5-10 %-kal megnövelni. (szerelési pontosság max.:2-3 %)

3. A vezető kölcsönös távolsága: **-1kV-nál** nagyobb feszültségnél a vezetők max. belógási helyén egymástól való biztonsági távolságuk: $0,7 * U$ (cm). **ÖKÖLSZABÁLY!**

Biztonsági távolság, ha a lengőhossz (bh) 4,5 m-nél kisebb (belógás 40°C-on + szig.lánchossz kisebb, mint 4,5 m) $f_{\min} = 0,2bh + 65 + 0,7 U$ (cm).

-1 kV alatt : Vízszintes:

ha $b_{40} < 70$ cm, akkor egymástól annyi cm-re legyen, ahány méter az oszlopköz.

Ha $b_{40} > 70$ cm, akkor $f = 0,2 b_{40} + 30$ cm.

Ferde: a vízszintes 5cm-rel csökkenthető.

Függőleges síkban egymás alatt lévő vezetéket faoszlopnál 80m, acél vagy vasbeton oszlopnál 40 oszlopközig szabad alkalmazni.

4. Vezetők távolsága az oszloptól:

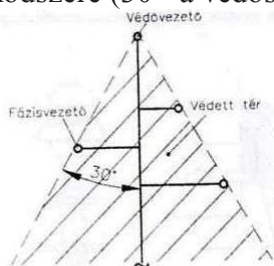
- Álló szigetelőknél fix távolság.
- Függő szigetelőknél a szél hatására kilenghetnek, ezért biztonsági távot kell tartani, melyet szabványból táblázatban találunk.

5. Megközelítés és keresztezés: esetén az alábbi esetekben fokozott vagy különleges biztonsággal kell létesíteni:

1. út megközelítése, keresztezése
2. folyók vizek megközelítése, keresztezése
3. híd megközelítése, keresztezése, rajta átvezetni
4. mezőgazdasági területek megközelítése, keresztezése: öntözött terület, kerítés, fák, erdők, gyümölcsös stb.
5. erősáramú szabadvezeték megközelítése, keresztezése
6. épület, építmény megközelítése, keresztezése
7. magas műtárgy (antenna, víztorony)
8. csővezeték
9. rádióállomás, adóantenna
10. reptér
11. szállítószalag, szállítóberendezés

12. vezetékes távközlési berendezés

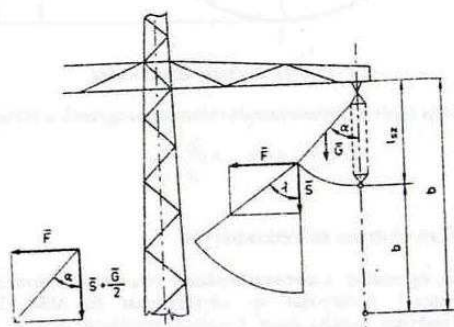
6. Villámvédő vezető: Túlfeszültség védelemként védő vezetőt alkalmazunk (120kV és felett) melyet nem csak összelengés, hanem túlfeszültség védelmi szempontok szerint kell elhelyezni: 30°-os szögek módszere (30° a védőszög).



3.1.-18. ábra Védővezető védett tere

II. Hozzáengés szerkesztése:

Ökölszabály: $D_{min} = 0,7U$ (cm) (106/3.1-12 ábra)



3.1.-12. ábra Függszigetelő kilendülése

Szél hatására a vezető és a függőszigetelő kileng, és közelebb kerül az oszlophoz, kereszttartóhoz, ezért a szigetelő kilengési szögét (α) kell ismerni.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{sz}}{S + \frac{G_{szig}}{2}}, \text{ ahol } F_{sz} = \alpha * c * \frac{v^2}{1,6} A \sin \varphi ; \alpha = 0,75 \text{ vezetékre, egyébként } 1$$

$c = 1,2$ 12-es átmérőig

$c = 1,1$ 12-16-ig

$c = 1$ 16 felett

v : szélesség

A : fél-fél oszlopközre számított vezetékfelület

FONTOS: Ha $\alpha > 50^\circ$ akkor is csak 50-nek vesszük, mert tapasztalat szerint max 50°-ig leng.

Felcsapódás számítás

Felcsapódás: egymás alatt lévő vezetékek. A zúzmara megolvad az alsón, leesik erre a vezeték felcsapódik, miközben a felsőn megmarad a zúzmara (pótteher).

Felcsapódás számítására sokféle módszer létezik.

GRÖBL-féle a legegyszerűbb módszer: a vezetőket rugónak tekintjük kezdetben zúzmarás, jobban megnyúlik (b_z) később csupasz belógás, kevésbé nyúlik meg (b). Energia megmaradás alapján a rugóban tárolt energia helyzeti energiává alakul.

Miközben a vezetőre fokozatosan $[Z]=N$ pótteher rakódik a belógás b -ről b_z -re növekszik:

$$W_1 = \frac{1}{2} Z (b_z - b) \text{ [J]}$$

energia halmozódik fel benne.

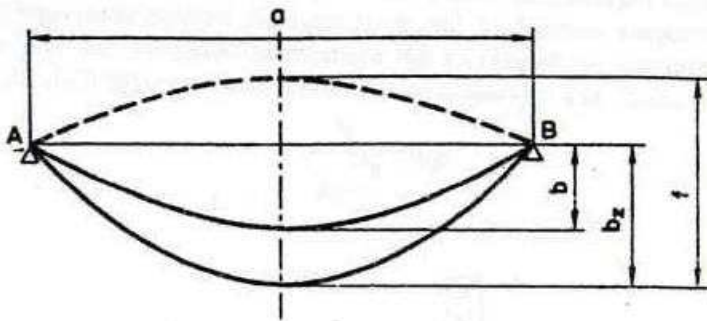
Amikor a pótteher hirtelen lehull, ez a vezetőben tárolt energia a vezetőt $[f]=m$ magasságra emeli. A végzett munka, ha $[S]=N$ a csupasz vezető súlya:

$$W_2 = f \cdot S [J]$$

$$W_1 = W_2$$

Miután a tárolt energia éppen a helyzeti energia változásával egyenlő, a felcsapódás értéke:

$$\frac{1}{2} Z(b_z - b) = f \cdot s \quad \text{ebből következik} \quad f = \frac{1}{2} \cdot \frac{Z}{S} (b_z - b)$$



3.1.-15. ábra A vezető felcsapódása

Rugó karakterisztika: egyenes arányosság.

Munka: erő-elmozdulás görbe alatti terület.

Szabadvezeték max belógásának számítása

Hogy a szabvány szerinti minimum föld feletti magasságot betarthassuk, ismernünk kell a legnagyobb belógást.

MSZ szerint a max belógás:

- -5°C -on pótteherrel (zúzmara) vagy
- $+40^\circ\text{C}$ -on csupaszon következik be.

Általában $a > a_{kr}$, ekkor a max belógást a t_{fkr} -felső kritikus hőmérséklet alapján dönthetjük el. (Esetleg $a < a_{kr}$, akkor mindkét esetre kiszámoljuk a belógást és amelyik nagyobb.)

t_{fkr} : amelyen a vezető belógása -5°C -on pótteherrel vagy akkora, mint csupaszon 40°C -on.

ÁLLAPOT EGYENLET:

$$\frac{a^2 \rho^2 g^2}{24 \sigma_{kr}^2} - \frac{a^2 \rho^2 g^2}{24 \sigma_z^2} = \alpha [t_{fkr} - (-5)] + \frac{1}{E} (\sigma_{kr} - \sigma_z)$$

DE az egyenlet baloldala 0.

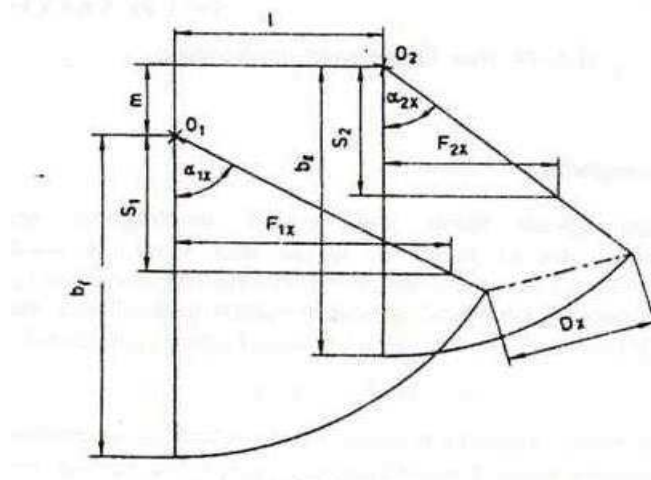
$$\text{és azonos a belógás: } \frac{a^2 \rho g}{8 \sigma_{kr}} = \frac{a^2 \rho_z g}{8 \sigma_{max}} \Rightarrow \sigma_{kr} = \sigma_{max} \frac{\rho}{\rho_z} \Rightarrow t_{fkr} = \frac{\sigma_{max}}{\alpha E} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_z} \right) - 5^\circ\text{C}$$

Ha a felső kritikus hőmérséklet $+40^\circ\text{C}$ felett van: a max belógás -5°C -on van pótteherrel

Ha +40°C alatt van: a max belógás +40°C-on van.

Összelengés szerkesztése

Összelengés: Erősebb szél mindig lökészerű, ezért a vezetők a szigetelőkkel együtt oda-vissza lengenek, lengőmozgásba jönnek.



3.1.-13. ábra Két kilengett vezető távolsága

A szélárnyék miatt amelyik szigetelőt a szél előbb éri az jobban kileng ($\alpha_1 > \alpha_2$), ezért a később ért vezető szélességét 20%-kal csökkentjük. Ez a legrosszabb helyzet, csak ezt vizsgáljuk.

Szélesség: 0- v_{\max} -ig, x változó segítségével (x célszerűen 0-1-ig, 10 lépésben: 1;0,9;0,8...)

$$v_x = x \cdot v_{\max}$$

$$v_{x2} = 0,8xv_{\max} \text{ (a 2. mindig az első 80%-a)}$$

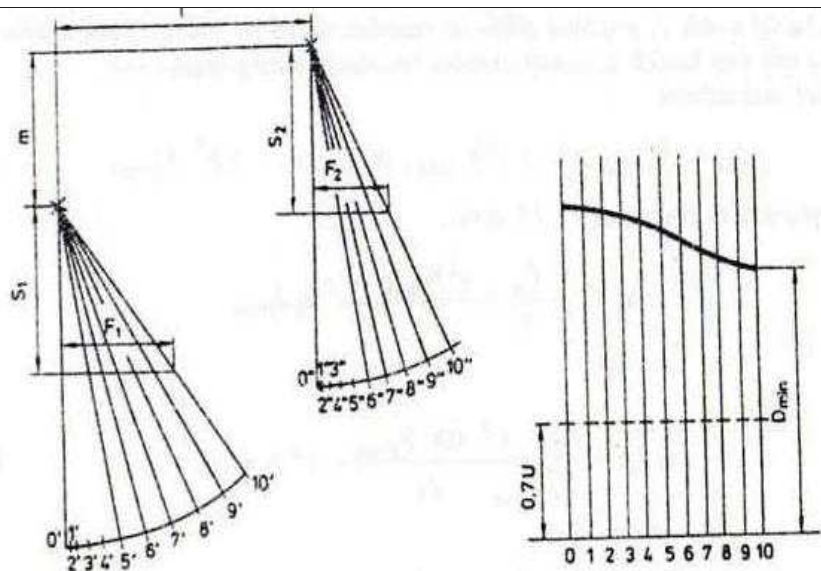
Szélerő: $F_x = c \cdot v_x^2 = cx^2v_{\max}^2 = x^2F_{\max}$ $F_{x2} = x^2 \cdot 0,8^2 \cdot F_{2\max}$

Kilengési szög: $tg \alpha_x = \frac{F_x}{S} = \frac{cv_x^2}{S} = x^2 tg \alpha_{\max}$, e képletek alapján kiszámíthatjuk mindkét vezetékét.

Szerkesztés menete:

1. léptékhelyesen felrajzoljuk a két felfüggesztési pontot
2. függőlegesen lefelé felmérjük S_1 és S_2 -t,
3. majd S_1 S_2 alsó végpontjaiból felmérjük F_{1x} -t és F_{2x} -t
4. a felfüggesztési pontokból a lengőhosszal ($l_{\text{szig}} + b_{\max}$) a felmért F_{1x} ill. F_{2x} -et összekötve körívet húzunk melyköríven a lengőhossz által a függőlegeshez képest kijelölt pont a 10-es, ezt 10 részre felosztjuk (0-10)
5. majd páronként meghatározzuk a távolságokat (10-10, 9-9, stb.)

Ha valamely kisebb, mint a biztonsági távolság (0,7U), akkor nem felel meg.



3.1.-14. ábra Összelengés szerkesztése

Szabadvezeteki szigetelők és szerelvényeik

A szigetelők a szabadvezeték villamos vezetőit szigetelik el a földelt tartószerkezettől, valamint a vezetők tatására és feszítésére is szolgálnak.

A szigetelőknek olyan anyagból kell készülniük, mely megfelelő villamos szilárdságú, az átütés-, átívelés elkerülése céljából és emellett megfelelő mechanikai szilárdságú, hogy a vezetők súlyából és feszítéséből származó terheket törés nélkül elviselje. **Porcelán, üveg, hőre keményedő műanyag, üvegszálerősítésű magot körülölelő szilikon kompozit szigetelő** (ez magyar fejlesztés).

Porcelán Alapanyaga a földpát (tűzálló), a kaolin (átütési szilárdságot befolyásolja) és a kvarc (mechanikai szilárdságot befolyásolja). A három anyag keverésének százalékos aránya határozza meg a késztermék tulajdonságait.

Üveg

Műanyag ún. poliaddíciós gyanták. Por alakú alapanyagból sajtolással melegen állítják elő.

Szilikon kompozit szigetelők

Szigetelőtípusok:

Oszlopra történő felerősítési mód szerint

- állószigetelők:
- függőszigetelők:

Típusai:

- egysapkás szigetelő
- kétsapkás szigetelő
- rúdszigetelő

F függőszigetelőkből szigetelőláncot készítenek, melyben a szigetelők darabszámát a villamos, a párhuzamosan kapcsolt láncágak számát a mechanikai biztonság határozza meg.

A szigetelők tartozékai a szigetelőtagok láncra fűzésének segédeszközei:

- a temperöntésű sapka csatlófészkebe illeszkedő bunkós szemek (csatlók),
- és a csatlófészkekben ezeket kiesés ellen biztosító „M” rugók.

A szigetelőkön ívterelő szerelvényeket is elhelyeznek. Az ívterelő gyűrűk és szarvak **A szerelvények azok a szerkezeti elemek, melyek a vezetők toldására, feszítésére, megfogására, a szigetelőláncok felerősítésére valók, továbbá a vezetők mechanikai védelmét és a szigetelők ívvédelmét látják el.**

Nagyfeszültségen markolóprésses toldó- és feszítőszerelvényeket alkalmaznak. Pólyás vezetőkötés, melynél az egymás mellé helyezett vezetőkötést szorosan rátekerceselt kötőhuzallal kötik össze.

Csavaros kötőelem

Nagyfeszültségen alkalmazzák az ún. „**preform szerelvényeket**”, ezek nagy menetemelkedésű spirál rugóra hasonlítanak, melyek körülveszik a sodronyt, kisebb átmérőjük miatt szoros szerkezetet alkotnak, és húzásra még jobban ráfeszülnek a sodronyra. A nagyfeszültségű szabadvezetékek áramvezető sodronyait tartó szerelvények a szigetelőláncokra szerelt **lengőszorítók**, a fáradásos törés megakadályozását.

A vezetőket rezgések ellen **rezgés csillapítóval** védik.

- Stockbridge aktív rezgés csillapító- Vértburokívvédő szerelvények

Szabadvezetékre ható szélteher és figyelembevétele szilárdsági számításokban

A szélteher időszakosan fellépő, változó nagyságú terhelés, melyet a számításokban egyenletesen megoszlónak és vízszintes irányban hatónak kell tekinteni. Nagyságát meghatározza a szél sebessége, a felület nagysága és alakja és a szél felülethez viszonyított iránya.

Adott A felületre ható szélerő számítható:

$$F = \alpha c \left(\frac{v^2}{1,6} \right) A \sin \varphi \quad N,$$

ahol α a szélerőt egyenlőtlensége miatt csökkentő tényező, értéke:

vezető esetében $\alpha = 0,75$

minden más esetben $\alpha = 1$

c alakú tényező, amely a szélerő felület alakját és minőségét, valamint a kialakuló szívó- és örvénylő hatásokat veszi figyelembe.

Sodrony esetén: c = 1,2 12 mm átmérőig,

c = 1,1 16 mm átmérőig,

c = 1,0 16 mm átmérő felett.

Nagyobb függőleges síkfelület, derékszögű négyszög, I keresztmetszetű tömör szerkezet, idomacélból készült rácsos szerkezet esetén: c = 1,4.

Kör vagy ellipszis keresztmetszetű szerkezet esetén: c = 0,7.

v = m/s a szél sebessége.

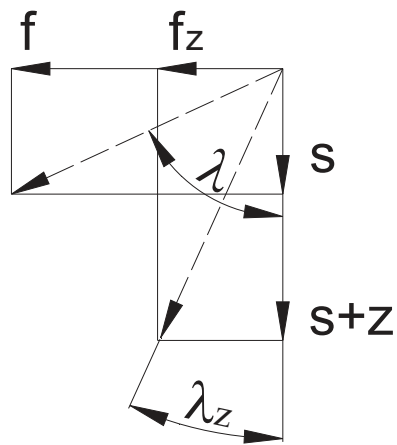
A(m²) a szélnek kitett felület

φ a szélnek kitett felület szél irányával bezárt szöge.

Az összefüggéssel számolt szélerő a vezetőre, illetve a felületre merőlegesen hat.

Alkatrész terepszint (m)	Széle b ált. (m/s)	széle b kifesz, bépített terület (m/s)	különleges eset
25 ig	31	28,3	meteorológia intézet által megadott
25-60	33,5	-	
60-100	38	-	
100-150	43	-	
150-200	45,5	-	

A szélnyomás hatására a vezető kileng és síkja a függőleges és a vízszintes erők eredőjének irányába áll be.



Zúzmaramentes állapotban a kilengés szöge λ , kiszámolható:

$$\operatorname{tg}\lambda = \frac{f}{s},$$

ahol f a hosszegységre jutó szélterő, s a vezető súlya méterenként.
Zúzmarás állapotban a kilengés szöge:

$$\operatorname{tg}\lambda_z = \frac{f_z}{s+z}$$

Azonos keresztmetszet esetén a kisebb súlyú vezetők kilengése mindig nagyobb, mint a nagyobb súlyúaké.

A szélteher hatására kilengetett vezető terhelése megnövekszik és mint egyenletesen megoszló erő hat a vezetőre, ennek értéke:

$$f_\lambda = \sqrt{f^2 + s^2} \quad \text{N/m}$$

amely úgy fogható fel, mintha a vezetősodronyra ható nehézségi gyorsulás értéke nőtt volna meg g -ről g_λ -ra. A kilengési szög ismeretében

$$f_\lambda = \frac{s}{\cos\lambda} = m \frac{g}{\cos\lambda} = mg_\lambda \quad \text{N/m},$$

így

$$g_\lambda = \frac{g}{\cos\lambda} \quad \text{m/s}^2,$$

ahol $(g) = m/s^2$ a függőleges síkban lógó sodronyra ható valóságos, $(g_\lambda) = m/s^2$ pedig a szélnyomás következtében megnövekedett látszólagos nehézségi gyorsulás.

A fenti számításokban a szélterhet megnövekedett látszólagos nehézségi gyorsulással számítjuk.

Meg kell azonban említeni, hogy a szélteher fellépése esetleges.

Szabadvezeték pótterhe és figyelembe vétele szilárdsági számításokban

A pótteher a szabadvezetékre rakódó zúzmara, tapadó hó és ónos eső súlyhatását helyettesítő súly, mely számításainkat egyszerűsíti.

Zúzmara: minden légköri eredetű szilárd halmazállapotú terhelés. 0 és 5 C fok közötti hőmérsékleten a levegő túlhűlt pára- vagy ködcspepecskéiből rakódik le az előzőleg fagypontra alá hűlt tereptárgyakra.

A normális zúzmaraterhelést egy képzeletbeli járulékos súllyal, az ún. szabványos pótteherrel vesszük figyelembe.

A vezetők szabványos pótterhének értéke mint egyenletesen eloszló súly:

$$Z = m_z \cdot g \quad \text{N/m,}$$

ahol $m_z = 0,325 + 0,025d$ kg/m a zúzmara fajlagos tömege; $[d] = \text{mm}$ a vezető átmérője; $[g] = m/s^2$ a nehézségi gyorsulás.

Ennél kisebb pótteherrel számolni még zúzmaraolvasztásra berendezett szabadvezetékben sem szabad. A vezetők igénybevétele a mértékadó póttehernél és -5 C foknál sem haladhatja meg a sodrony tartós szilárdságát.

Szilárdsági számításoknál a zúzmarával terhelt vezető úgy tekintjük, mintha a vezeték sűrűsége növekedne meg, miközben egyéb mechanikai tulajdonságai változatlanok maradnának. Ez a zúzmarás sűrűség, amely a

$$P_z = \frac{m + m_z}{A} \quad \text{kg/m}^3$$

képlettel számítható, ahol $[m] = \text{kg/m}$ a vezető fajlagos tömege; $[m_z] = \text{kg/m}$ a zúzmara fajlagos tömege; $[A] = \text{m}^2$ a vezető keresztmetszete.

Többszörös pótteherrel történő számítás esetén a számított sűrűség:

$$P_{nz} = \frac{m + nm_z}{A} \quad \text{kg/m}^3$$

Az állószigetelőkre ráakódó zúzmara súlyát – a porcelán teherbíró képességét ismerve elhanyagolhatjuk. Függőszigetelőkből alkotott lánc ernyői között a zúzmara és a hó megreked, eljegesedett hengerekké egészíti ki azokat, ezek súlytöbblete már számottevő.

Függőszigetelők pótterhe kiszámítható:

$$y = 2000hD^2 \quad \text{N,}$$

ahol $[h] = \text{m}$ a szigetelőlánc hossza, $[D] = \text{m}$ a szigetelő ernyőjének átmérője.

A fenti szilárdsági számításokban a vezetőre ható zúzmara pótterhet a vezető sűrűségének megnövekedéseként számítjuk.

Szabadvezeték állapotváltozása, állapotegyenlete

A vezetők igénybevétele az időjárási viszonyok miatt állandóan változik a hőmérsékletváltozás, a szélteher és a zúzmaraterhelés hatására.

A fizikai változások a vezetők geometriai alakváltozásával járnak, ugyanis hosszváltozást hoznak létre. Terhelésváltozás vagy a külső hőmérséklet változásának hatására a vezető hossza megváltozik, ennek következtében a kitáguló vagy összehúzódó vezetőkben az igénybevétel is megváltozik. Ez másodlagos rugalmas hosszváltozást okoz. A rugalmas hosszváltozás éppen ellentétes az előzővel. E folyamatot leíró egyenletet nevezzük **állapotegyenletnek**.

Az állapotegyenlet segítségével kiszámíthatjuk, hogy a szerelés alkalmával uralkodó hőmérsékleten milyen erővel kell a vezetőket kifeszítenünk ahhoz, hogy a szabványban meghatározott terhelési- és hőmérsékletkorlátok beállta esetén a vezetőkben a megengedett igénybevételnél nagyobb ne léphessen fel. Továbbá kiszámítható, hogy mekkora a legnagyobb belógás lehetséges értéke.

Az állapotegyenlet jelentősége: olyan viszonyokat, amikor a vezetőkben a legnagyobb az igénybevétel, a legnagyobb belógás lép fel (föld feletti biztonságos magasság), a szerelés alkalmával nem tudunk biztosítani és mesterségesen sem tudunk előállítani.

A méretezéskor figyelembeveendő legnagyobb igénybevétel és legnagyobb belógás állapotait a szabvány írja elő, mely szerint a vezetőket szereléskor olyan **húzóerővel** kell feszíteni, hogy

- 5 C fok hőmérsékleten pótteherrel,

-20 C fok hőmérsékleten csupaszon

se keletkezessen a vezetőkben a megengedettnél nagyobb húzófeszültség.

A legnagyobb belógásnak a

- 5 C fok hőmérsékleten pótteherrel,

+ 40 C fok hőmérsékleten teher nélkül

esetek közül a nagyobbak kiadódó belógást kell tekinteni.

A vezető állapotváltozását az állapotegyenlet írja le az előbbi hőmérsékletkorlátok között bármilyen kiindulási állapotból, tetszőleges végállapotra történő átmenet során.

Jelöljük nulla indexszel a kiindulási állapot és index nélkül a végső állapot jellemzőit.

Tegyük fel, hogy csak a hőmérséklet változik (a kezdeti t_0 hőmérséklet t -re nő). A hőtágulás okozta hosszváltozás arányos a vezető eredeti l_0 hosszával, az α hőtágulási együtthatóval és a $(t-t_0)$ hőmérsékletkülönbséggel:

$$\Delta l_t = l_0 \alpha (t - t_0)$$

A megnyúlt vezetőkben azonban a feszültség csökken amire a vezető rugalmasan összehúzódik, és e rugalmas rövidülés a feszültségcsökkenéssel arányos:

$$\Delta l_\sigma = \frac{l_\sigma}{E} (\sigma_{h0} - \sigma_h) = \frac{l_0}{E} (\sigma_h - \sigma_{h0})$$

ahol $[E] = \text{N/m}^2$ a vezető rugalmassági tényezője.

A vezető végső hosszváltozása a kétféle fizikai hatás eredőjeként áll elő. Ezt a hosszváltozást a parabolaív geometriai hosszával kifejezve alapján:

$$\Delta l = l - l_0 = \left[a + \frac{8b^2}{3a} \right] - \left[a + \frac{8b_0^2}{3a} \right]$$

A belógás összefüggését felhasználva az egyenlet a következő alakra hozható:

$$\Delta l = \frac{a^3 \rho_0^2 g_0^2}{24 \sigma_h^2} - \frac{a^3 \rho_0^2 g_0^2}{24 \sigma_h^2}$$

A geometriai hosszváltozás a két fizikai hosszváltozás eredménye:

$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_\sigma$$

vagyis

$$\frac{a^3 \rho_0^2 g_0^2}{24\sigma_h^2} - \frac{a^3 \rho_0^2 g_0^2}{24\sigma_{h0}^2} = l_0 \alpha (t - t_0) + \frac{l_0}{E} (\sigma_h - \sigma_{h0})$$

A kis belógás miatt elhanyagolható hibát okozó l_0 a közelítéssel az előbbi egyenlet:

$$\frac{a^2 \rho_0^2 g_0^2}{24\sigma_h^2} - \frac{a^2 \rho_0^2 g_0^2}{24\sigma_{h0}^2} = \alpha (t - t_0) + \frac{1}{E} (\sigma_h - \sigma_{h0})$$

Ha állapotváltozáskor a terhelés is változik oly módon, hogy $\rho g \neq \rho_0 g_0$ az egyenlet a következőképpen alakul:

$$\frac{a^2 \rho^2 g^2}{24\sigma_h^2} - \frac{a^2 \rho_0^2 g_0^2}{24\sigma_{h0}^2} = \alpha (t - t_0) + \frac{1}{E} (\sigma_h - \sigma_{h0})$$

Az állapotegyenlet a hőmérsékletváltozás és a terhelésváltozás egyidejű fellépése esetén adja meg az új állapot adatait, tehát a vezetők általános állapotegyenlete (WEIL-féle állapotegyenlet).

A ferde felfüggesztésű vezetők állapotegyenlete teljesen azonos a vízszintes felfüggesztésű vezetők állapotegyenletével, csupán a húzófeszültség vízszintes komponense helyett (σ_h) a ferde belógáshoz tartozó σ_f húzófeszültséggel kell számolni,

A vezetők szilárdsági számításának célja, hogy a szerelési hőmérséklethez tartozó igénybevételt, ill. belógást meghatározzuk.

Természetesen biztosítanunk kell, hogy a vezetőkben a megengedett igénybevételnél nagyobb igénybevétel normális (szabvány által meghatározott) körülmények között ne léphessen fel, másrészt tudnunk kell, hogy mekkora a legnagyobb belógás értéke.

Szabadvezeték legnagyobb igénybevételének meghatározása.

Méretezéskor abból a legkedvezőtlenebb állapotból kell kiindulni, amikor a vezetőkben a legnagyobb igénybevétel lép fel. A szabvány előírásainak megfelelően csupasz vezetőkön ez -20 C fokon állhat elő, vagy pótterhes vezetők esetében -5 C fokon.

A feladat a kedvezőtlenebb igénybevételi állapot meghatározása, tehát a **kritikus oszlopköz kiszámítása: Az az oszlopköz, melyben a vezetők igénybevétele -20 C fokon csupaszon ugyanannyi, mint -5 C fokon pótterherrel:**

$$\sigma_{-20} = \sigma_z = \sigma_{\max}$$

Az állapotegyenletbe helyettesítve a két határeset megfelelő értékeit

$$\frac{a^2 \rho^2 g^2}{24\sigma_{\max}^2} - \frac{a^2 \rho_z^2 g^2}{24\sigma_{\max}^2} = \alpha [-20 - (-5)] + \frac{1}{E} (\sigma_{\max} - \sigma_{\max})$$

Az egyenletet az oszlopközre megoldva:

$$a_{kr} = \frac{\sigma_{\max}}{g} \sqrt{\frac{360\alpha}{\rho_z^2 - \rho^2}} \text{ m}$$

Ha a vizsgált oszlopköz a_{kr} -nál kisebb (vizsgálatunk esetére szélső értéként legyen $a_{kr} = 0$), akkor az állapotegyenlet:

$$0 = \alpha[-20 - (-5)] + \frac{1}{E} (\sigma_{-20} - \sigma_z)$$

amiből

$$\sigma_{-20} = \sigma_z + 15\alpha E$$

végeredményben:

$$\sigma_{-20} > \sigma_z$$

Tehát, ha $a < a_{kr}$, akkor a legnagyobb megengedhető igénybevétel -20 C fokon csupaszon, ha $a > a_{kr}$, akkor -5 C fokon pótteherrel lép fel.

A legnagyobb belógás

A szabvány szerint a legnagyobb belógás állapota -5 C fokon pótteherrel, vagy $+40$ C fokon csupasz vezetőn következik be. Hogy a két mértékadó állapot közül melyikben nagyobb a belógás, azt $a > a_{kr}$ esetébe a felső kritikus hőmérséklet (t_{fkr}) kiszámításával lehet eldönteni. Ha $a < a_{kr}$, (ez gyakorlatban ritkán fordul elő) akkor mindkét állapotra ki kell számítani a belógás értékét és a két adatot közvetlenül össze kell hasonlítani.

A felső kritikus hőmérséklet az a hőmérséklet, melyen a vezető belógása -5 C fokon pótteherrel ugyanakkora, mint csupaszon 340 C fokon.

A t_{fkr} hőmérséklet is az állapotegyenletből határozható meg:

$$\frac{a^2 \rho^2 g^2}{24\sigma_{kr}^2} - \frac{a^2 \rho_z^2 g^2}{24\sigma_z^2} = \alpha [t_{fkr} - (-5)] + \frac{1}{E} (\sigma_{kr} - \sigma_z)$$

Az állapotegyenlet bal oldala nullával egyenlő, mert ha a belógás a két állapotban azonos, akkor a vezető hosszában sem lehet különbség. Miután a kezdeti feltételben kikötöttük, hogy $a > a_{kr}$, így tehát:

$$0 = \alpha(t_{fkr} + 5) + \frac{1}{E} (\sigma_{kr} - \sigma_{max})$$

Az azonos belógás feltételéből következik, hogy

$$\frac{a^2 \rho g}{8\sigma_{kr}} = \frac{a^2 \rho_z g}{8\sigma_{max}}$$

Ebből a feszültség értéke a t_{fkr} hőmérsékleten:

$$\sigma_{kr} = \sigma_{max} \frac{\rho}{\rho_z}$$

Ezt az egyenletbe helyettesítve és rendezve:

$$t_{fkr} = \frac{\sigma_{max}}{\alpha E} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_z} \right) - 5 \text{ C fok}$$

Ha a felső kritikus hőmérséklet $+ 40 \text{ C}$ fok fölött van, akkor a legnagyobb belógás $- 5 \text{ C}$ fokon és pótteherrel lép fel, ha pedig alatta, akkor a legnagyobb belógás $+ 40$ fokon következik be.