

A MAGASFESZÜLTSGŰ TÁVVEZETÉKEK TARTÓOSZLOPAINAK SZERKEZETVIZSGÁLATA

STRUCTURAL ANALYSIS OF OVERHEAD ELECTRICAL LINE LATTICE STEEL TOWERS

Feleki Attila

Kolozsvári Műszaki Egyetem: Építőmérnöki kar, Szerkezet-építőmérnöki szak, Cím:
400020, Románia, Kolozsvár, Constantin Daicoviciu utca, 15 szám; Telefon / Fax:
+40264 401250, attila.feleki@cif.utcluj.ro

Abstract

The paper represents a multidisciplinary approach to structural analysis and reverse engineering of electricity transmission tower structures through the combination of laser scanning technology and buckling analysis methodology. Many power line lattice steel towers were installed 50-60 years ago and are still in use. Even the design methods have been developed, the norms are still lacking precise information in terms of deformation limits and second order theory analysis. Numerous tower types have been analyzed, differences in the global structural behavior of towers have been found.

Keywords: transmission towers, structural engineering, buckling analysis, 3D laser scanning.

Összefoglalás

A rácsos acélszerkezetek széles körben használt szerkezettypusok, leggyakrabban a magasfeszültségű távvezetékek hálózataiban fordulnak elő. Ezen hálózatoknak nagyrésze több mint hatvan éve használatban van, többségük szemmel látható károsodásokat szenvedett. Habár a tervezési módszerek fejlődtek, az érvényben levő szabványok számos pontatlanságot tartalmaznak. A dolgozat egy multidiszciplináris szerkezeti analízist mutat be, háromdimenziós térleképző technológia felhasználásával. A módszer sikeresen alkalmaztuk egy sarokfeszítő oszlop elemzésénél, a kihatás-náltsági eredményeket vizsgálva, jelentős eltéréseket észleltünk a szerkezet globális viselkedésében.

Kulcsszavak: távvezetékek tartóoszlopai, szerkezeti elemzés, kihajlás vizsgálat, 3D térleképzés.

1. Bevezetés: Általánosságok a mag- gasfeszültségű távvezetékek tartóoszlopairól

Jelen pillanatban a magasfeszültségű távvezetékek fejlesztése és karbantartása számos nehézségbe ütközik. A rendszeres terepi ellenőrzések és felmérések magas költségei mellett ez az ágazat jelentős negatív hatást gyakorol úgy a környezetre, mint egyéb más gazdasági tevékenységre. Ezeket a tényezőket figyelembe véve a vállalatok, amelyek ezeket a hálózatokat használják

inkább a meglévő szerkezetek rehabilitációját és megfigyelését részesítik előnyben, mintsem az újak építését. A mérnöki beavatkozás viszont egy jól kigondolt szerkezetelemzési folyamatot igényel.

A magasfeszültségű hálózatok acél tartópilléreit világszerte rácsos szerkezetként tervezik. Az oszlop elemei mindkét végükön csuklós kötéssel rendelkező rudakként vannak kialakítva, amelyek csak normál igénybevételt adnak át, a keresztmetszet számára hátrányos hajlító igénybevételek nélkül. A szabvány nem kötelez a kihajlások ellenőrzésére, pedig a valós léptékű

kísérletek nagyobb kihajlást eredményeztek, mint az elméleti elasztikus modellek számolási eredményei. Hasonlóképpen fontos kiemelni, hogy a megvizsgált oszlopok 25%-a a számolt kihajlás elérése előtt összedőlt, több esetben pedig az elméleti és reális tönkremeneteli mód között is eltérést észleltek [1].

1.1. Oszloptípusok

Az érvényben levő szabvány [1] alapján a magasfeszültségű távvezetékek tartóoszlopai funkcionális szempontból a következő típusokra oszthatók (**1. ábra**):

- tartóoszlopok – felfüggesztett pozícióban elhelyezkedő vezetők, leggyakrabban előforduló típus;
- végfeszítőoszlopok – a hálózatok végén elhelyezkedő oszlop;
- feszítőoszlopok – a vezetők rögzítéséért felelős, szerelési fázisban támasztó szereppel rendelkezik;
- sarokfeszítőoszlopok – a hálózat irányváltásait áthidaló oszlop;
- beavatkozási oszlopok – javítások esetén ideiglenes szerepet töltenek be.



1. ábra. Tartóoszlop típusok (balról jobbra a felsorolás sorrendjében)

1.2. Teheresetek és teherkombinációk

A tartópillérek számolásában és méretezésében a következő tehereseteket különböztethetjük meg:

- szélteher, amely a hálózaton belül a vezetők, szigetelők és az oszlopokra is hatással van;

- az oszlop önsúlya, valamint a szerkezet és vezetékek jegesedéséből származó plusz önsúly (**2. ábra**);
- hőmérsékletbeli különbségből származó vezetőhúzások.



2. ábra. Tartóoszlopon megfigyelhető jegesedés

A teherkombinációk oszloptípusokként és működtetési szempontok szerint változnak. Megkülönböztetünk általános terhelési állapotot, károsodott vezetői állapotot és a szerelési fázisokat.

Az analízisekben a legkedvezőtlenebb kombinációkkal számoltunk:

- vezetőre ható merőleges szélteher jegesedéssel egyidejűleg (N2);
- vezetőhúzásból származó különbözet jegesedéssel egyidejűleg (N8);
- vezetőre ható merőleges szélteher jegesedéssel kombinálva - végoszlop esetében (N10);
- vezetőhúzásból származó különbözet jegesedéssel kombinálva - végoszlop esetében (N12);
- vezető szakadása merőleges szélteher és jegesedés hatására (A1).

Fontos kiemelni, hogy a terhelések esztimálásánál a szabvány kifejezetten tág értékválasztási lehetőséget kínál a tervezőmérnököknek a biztonsági együtthatók meghatározásánál (1.80 és 1.00 között a jegesedés esetében). A leggyakoribb globális szerkezeti tönkremenetel okai között egyértelműen a jegesedés és szél kombinált hatása szerepel (**3. ábra**), a biztonsági

képeztünk. Az elméleti, tökéletes geometriával vizsgált modelleket összehasonlítottuk a mérés során kapott reális geometriájú oszloppal, és három különböző modellt építettünk fel:

- Mod.1 - tökéletes geometria, minden rúdvég csuklós kötésű, egymásnak hát-tal elhelyezkedő szögvasak egy kompozit profilként számolva, 1.8-as jegesedési együtthatóval;
- Mod.2 - tökéletes geometria, minden rúdvég csuklós kötésű, egymásnak hát-tal elhelyezkedő szögvasak két külön profilként számolva, 1.8-as jegesedési együtthatóval;
- Mod.3 – átlók reális tökéletlensége figyelembe véve, az oszlop fő tartóelemei közti kapcsolat folytonos kötésként, 1.8-as jegesedési együtt-hatóval számolva.

1. táblázat. Sarokfeszítő oszlop szerkezeti elemzésének kihasználtsági eredményei

	Mod.1	Mod.2	Mod.3
Kihajlás [cm]	21.27	21.09	21.00
Átlók kihasz. [%]	57.4	72.3	85.9
Fő elemek kihasz. [%]	104.7	109.1	131.3

Az eredményeket összehasonlítva kimutatható az oszlop első (legalsó) és második része közti kritikus csatlakozás túlterhelése az alkalmazott csomópont függvényében. Az átlók geometriai tökéletlenségét figyelembe vevő elemzések kimutatták a szelvény megnövekedett kihasználtságát, de a szerkezet globális viselkedését nem befolyásolta. Egy részletesebb globális tökéletlenségeket számoló analízis a jövőbeli kutatások elsődleges célja.

4. Következtetések

Globális szilárdságtani és stabilitási vizsgálatot végeztünk 15 típusú tartóoszlop esetében a szerkezetek teherbíró képes-

ségének meghatározása céljából. Az eredmények feldolgozása után a leggyengébb szerkezeti viselkedést mutató oszlopot egy részletes vizsgálat alá vettük. A bonyolult szerkezeti kialakítás és az átlagban 45 éves tervek hiányos információi végett 3D térleképző technológiát használtunk a geometriai problémák azonosítására. Három szerkezeti modellt hasonlítottunk össze, a legjelentősebb különbség közöttük az oszlop szerelési részei közti csomópontok változtatása volt. Az eredmények feldolgozása alapján 26%-os kihasználtsági eltérést észleltünk a szerkezeti elemek globális stabilitási elemzésében. A kutatás folytatódik a vizsgálati eredmények kiterjesztésével más oszloptípusokra is.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Eltaly, B., Saka, A., and Kandil, K.: *FE Simulation of Transmission Tower*. Hindawi, Cairo, 2014, Article ID 258148
- [2] *NTE 003/04/00. Normativ pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1000V*. C.N. Transelectrica - S.A., București, 2004
- [3] *EN 50341-1. Overhead electrical lines exceeding AC 45kV Part 1: General requirements*. Cenelec, Brussels, 2001.
- [4] *SR EN 1993-3-1. Eurocode 3: Proiectarea structurilor de oțel - Part 3-1: Turnuri, piloni și coșuri*. European Committee for Standardization, Brussels, 2006.
- [5] Conde, P., Villarino A., Cabaleiro, M., and Gonzalez-Aguilera D.: *Geometrical Issues on the Structural Analysis of Transmission Electricity Towers Thanks to Laser Scanning Technology and Finite Element Method*. Remote Sens, Basel, 2015, 11551-11569.
- [6] Phill-Seung Lee: *Elastoplastic large deformation analysis of a lattice steel tower structure and comparison with full-scale tests*. Journal of constructional steel research 63, Montreal, 2007, 709-717