

Váci Márton Csaba, Istók Róbert: ACCC (Aluminum Conductor Composite Core) sodronyok alkalmazása

Váci Márton Csaba, Istók Róbert

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Tanszék (Msc hallgató) 1034. Budapest, Bécsi út 96/A. vaci.marton@gmail.com

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Villamosenergetikai Tanszék 1034. Budapest, Bécsi út 96/A. istok.robert@kvk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Tanulmányomban az ACCC-sodrony tulajdonságait, felhasználási lehetőségeit vizsgálom. A kiépített távvezetékrendszer kapacitásának növelése érdekében a régi hagyományos pl.: ACSR, ACAL, AACSR sodronyokat cseréljük speciális, könnyebb, magas hőmérsékleten üzemelő vezetékekre.

Dolgozatomban bemutatom néhány olyan tesztet, amelyek alátámasztják azt, miért is érdemes ACCC-sodronyokat felhasználni a nagyobb keresztmetszetű, hagyományos ACSR-sodronyok helyett.

Kulcsszavak: ACCC; ACSR; HTLS; kapacitás bővítés; sodrony; távvezeték.

1. Bevezetés

Az elmúlt 10-15 évben, - ha figyelembe vesszük a jelenlegi gazdasági helyzetet is - előtérbe kerültek a megújuló energiaforrások. Egyre több háztartásban jelennek meg a napelemes rendszerek, mindemellett a vállalkozások napelemparkjainak, naperőműveinek kiépítése továbbra is folyamatosan növekszik. Összehasonlításképpen egy háztartási méretű kiserőmű, melynek teljesítménye 50 kVA, – ami még nem hatósági engedélyköteles – elfér egy nagyobb családi házban fizikailag sokkal kisebb, mint a Paksi Atomerőmű közelében található 20,6 MW teljesítményű MVM paksi naperőmű. Látható a számottevő különbség a paksi naperőmű 400-szor nagyobb teljesítményű, mint egy családi házban kiépíthető napelemes rendszerénél.

A naperőművekben megtermelt energiát szállítani, elosztani, továbbítani kell. Itt meg kell jegyeznünk, azt, hogy Magyarországon rengeteg olyan távvezeték van használatban, amelyek még a régi szabványokkal épültek. Az 1973 előtt létesített távvezetékek 40°C-os sodronykiosztással lettek kiépítve. Ez azt jelenti, hogy a sodronyok (pl.: ACSR) belógása ehhez a hőmérséklethez lett beállítva. A jelenlegi szabvány meg 80°C-os tartós üzemű működést engedélyez. Megemlíteném, hogy az újonnan épülő, meglévő és bővítés alatt álló nagy ipari parkoknak is megnövekedett az energiaigényük, melyek szintén hozzájárulnak ahhoz, hogy a sodronyok/fázisvezetők a legnagyobb kiterheltséggel tudjanak üzemelni. Mint ahogy korábban már említettem, a régi szabványnak köszönhetően ezt csak bizonyos fokig lehet kihasználni a fázisvezetősodronyok folyamatos kontrollja mellett.

2. A sodronyok kapacitásának növelése

A jelenleg maximálisan kihasznált hagyományos sodronyok kapacitását, csak cserével lehet növelni. Tétélezzük fel, ha a jelenleg fentlévő sodrony fázisoként 800 A átvitelére képes, és 1300 A-t szeretnénk a meglévő távvezetéknyomvonalon szállítani, elosztani, akkor minimális lehetőségek állnak annak megvalósítására. Ezeket szeretném az alábbiakban kifejteni.

2.1 Zöld mezős beruházás

A meglévő, üzemelő távvezeték helyett új távvezeték nyomvonalat jelölünk ki és építünk egy teljesen új nyomvonalat, amely a jelenlegi szabványoknak megfelelő paraméterekkel rendelkezik. Ebben az esetben új alapok és oszlopok épülnek nagyobb terhelhetőségű sodronyokkal. Természetesen ennek megvannak az előnyei és a hátrányai is. Az előbbihez néhány példát említenék: Új alap speciális anyagokkal, amitől időtállóbb lesz. Új oszloptípus, amely lehet akár kétszerezű (lásd Budapest II. oszlop). Nagyobb keresztmetszetű sodronyok ACSR 500/65 mm². Mindezek ellenére hátrányként kell megjegyezni, hogy egy zöld beruházás sok feladattal jár, mint például engedélyeztetések, kivitelező kiválasztása, a nyomvonallal érintett terület tulajdonosainak kiértesítése. A legfontosabb tényező az idő, és nem utolsósorban a költség, amely meghatározhatja a projekt megvalósulását.

2.2 Nagyobb keresztmetszetű ACSR sodrony alkalmazása

A használatban lévő, hagyományos ACSR, AACSR sodrony helyett hasonló felépítésű, nagyobb keresztmetszetű sodronyt alkalmazunk. Ilyenkor statikailag fel kell mérni a beépített oszlopokat és ellenőrizni kell, hogy a kívánt/tervezett sodronyt elbírák-e. Az oszlopoknál meg van határozva, hogy mekkora az a keresztmetszet és húzófeszültség, amit még elbírnak, valamint hosszútávon károsodás nélkül képesek megtartani, az adott időjárási viszonyok mellett elviselni. Ahhoz, hogy ezt meghatározzuk az oszlopokat egy statikai szoftverben (például PLS-TOWER) modelleznünk kell. A vizsgálat során le tudjuk ellenőrizni a beépítésre szánt sodronnyal az adott oszlopokat. Ha arra az eredményre jutunk, hogy az oszlopok statikailag nem megfelelőek, plusz elemek beépítésével meg kell erősíteni azokat. Természetesen ez is idővel és költséggel jár.

2.3 Magas hőmérsékletű, alacsony belógású sodrony alkalmazása

Ha a kapacitás bővítés tervezés kezdetekor figyelembe vesszük azt, hogy már vannak olyan speciális sodronyok, amelyek magas hőmérsékleten, kis belógással képesek üzemelni, érdemes megfontolni a HTLS (High Temperature Low Sag) sodronyok használatát[1]. Nagyobb áramterhelés esetén a melegedés hatására a sodronyok belógása megnő, viszont a magas hőmérsékleten üzemelő, alacsony belógású sodronyok kiküszöbölik. Ennek eredményeként a távvezeték képes lehet 1300 A átvitelére is akár 180°C-on. Meg kell jegyezni, hogy ez a speciális sodrony az oszlopokra nézve kisebb statikai terhet jelentene, ugyanis ebben az esetben nem szükséges a korábban említett megerősítés. Mindemellett a hagyományos sodronyokhoz képest a belógáson is tudnánk nyerni kb.: 1 m-et.

3. ACCC sodrony tulajdonságai

Az ACCC sodronyok jelenthetik vagy is inkább jelentik a jövőt. A központi szén-szálak mag több tízezer, nagy szilárdságú, nagy modulusú egyirányú szén-szálból áll, amelyeket üvegszál védőréteg vesz körül. A külső üvegszálak javítják a szívósságot és a rugalmasságot, miközben galvanikus gátat képeznek, hogy megakadályozzák a vezető alumínium szálak korrózióját [2][3].

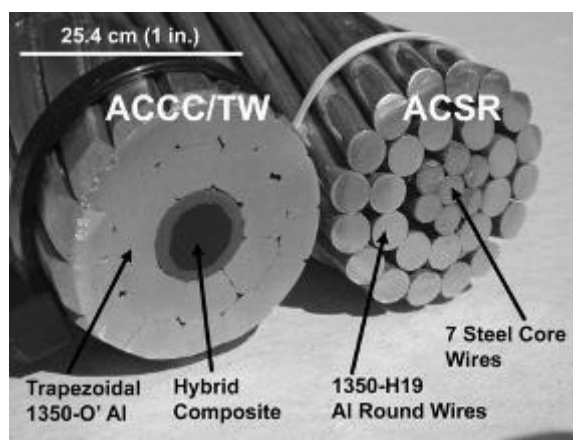


1. ábra ACCC sodrony felépítése [4]

Az **1. ábrán** látható az ACCC sodrony felépítése. Az egyes részek: **1.** Alumínium szálak; **2.** üvegszál és epoxi kompozit keveréke; **3.** Szén (carbon) szál

Az ACCC sodrony hibrid magja nem csak kétszer olyan erős, mint az acél, hanem 70%-kal könnyebb is. Ebben rejlik az a tulajdonsága, hogy a kapacitás növeléséhez nem kell keresztmetszetet növelni, sőt talán még kisebb keresztmetszetű, ezáltal könnyebb lesz az új ACCC sodrony, mint például egy régebbi, hagyományos 500/65 ACSR távvezeték. A könnyebb súly lehetővé teszi, hogy az ACCC sodrony –bármilyen méretű –~28%-kal több alumíniumot használjon fel súly- vagy átmérőnövekedés nélkül.

A kompakt trapéz szálak és a sima felületű kompozit mag együtt dolgoznak a szél által keltett vibráció eloszlatása érdekében. Míg az alumínium szálak teljesen lágyítottak, a legmagasabb vezetőképességet biztosítva a ma elérhető összes alumíniumhoz képest, a kompozit mag körülbelül tízszer kisebb hőágulási együtthatót kínál, mint az acél. Az alacsony hőágulási együttható csökkenti a vezető megereszkedését nagy elektromos terhelés mellett.



2. ábra ACCC és ACSR sodrony összehasonlítása [5]

3.1 A hibrid kompozit mag

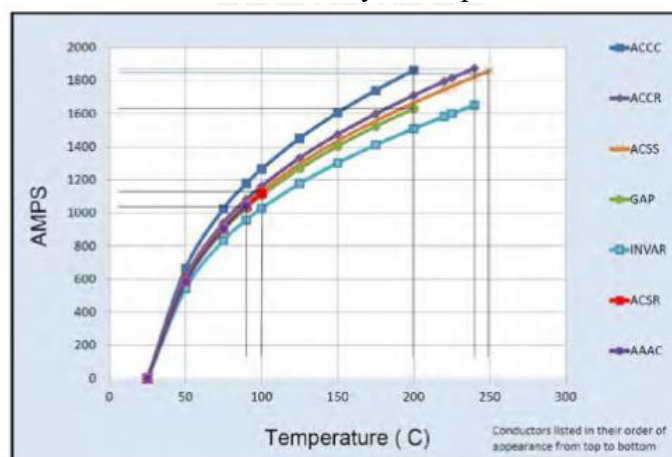
Az ACCC kompozit magja nagy szilárdságú szén- és üvegszálakból áll, amelyek edzett, hőre keményedő epoxigyanta mátrixba vannak beágyazva. A kompozit magot az űrrepülés minőségi előírásai szerint gyártják, folyamatos pultrúziós eljárással. A pultrúzió egy folyamatos eljárás, melynek során szálerősítő anyagokat hőre keményedő gyantával impregnálnak. Ezáltal egy kompozit anyag keletkezik, ami egyszerre stabil és könnyű.

Az ACCC sodronykompozit magja körülbelül hatszor jobb szilárdság/tömeg arányt kínál, mint az acél, és körülbelül tízszer kisebb a hőágulási együtthatója. A kompozit mag ellenáll a korróziónak és a ciklikus terhelési kifáradásnak is. A CTC Global ACCC sodrony magjai jelenleg 310 és 375 ksi szakítószilárdság között mozog. A nagyobb szilárdságú változat – amelyet ULS-nek neveznek –magasabb modulust is kínál a hosszabb fesztávhoz és az extrém

jégterheléshez. Összehasonlításképpen, az extra nagy szilárdságú acél 285 ksi-re van besorolva, de körülbelül 70 százalékkal nehezebb, mint az ACCC szénszálalás kompozit magja.

4. ACCC sodronyokkal kapcsolatos tesztek, kimutatások

Alapos teszteléseket követően az ACCC-sodrony 2005-ben került kereskedelmi forgalomba. Ez a speciális sodrony a legmagasabb áramerősséget a legalacsonyabb üzemi hőmérsékleten éri el a többi magas hőmérsékletre alkalmas sodronyhoz képest, amint azt az 3. ábra mutatja.

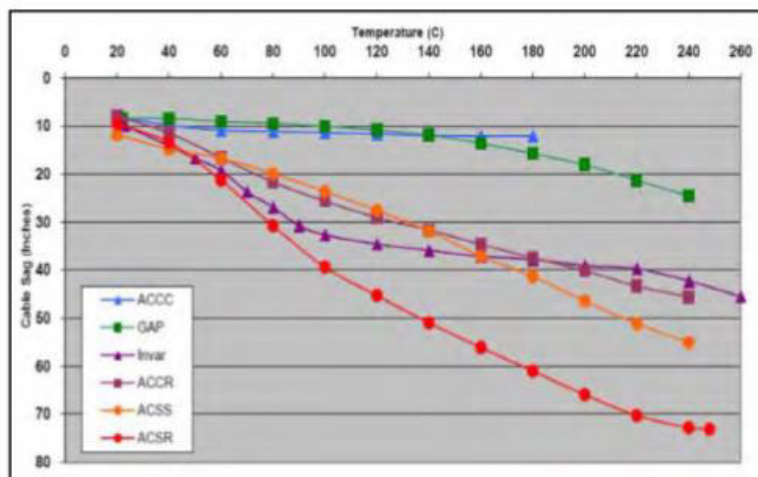


335. ábra Távvezeték sodrony összehasonlítás [4]

Az ábráról könnyen leolvasható, hogy a sodronyok maximális hőmérsékletéhez mekkora terhelő áramerősség tartozik. Az ACCC-sodrony 200°C-on nagyobb áram átvitelére képes, mint más, akár 250°C-os hőmérsékleten üzemeltetett sodronyok.

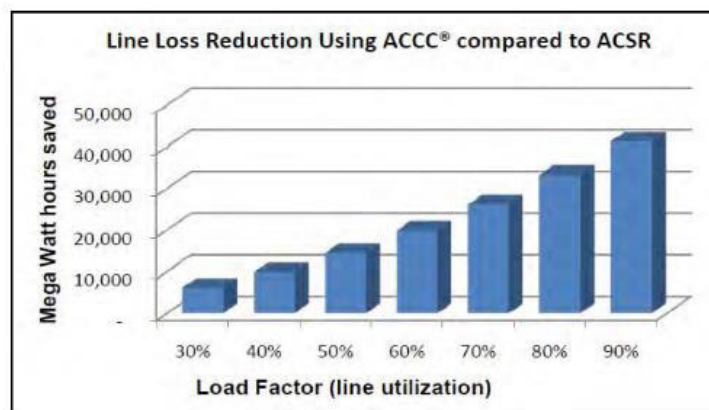
Az alacsonyabb üzemi hőmérséklet nagy terhelés mellett a hálózati veszteségek jelentős csökkenését tükrözi, ami redukálhatja a termelési követelményeket és költségeket. A számos pozitív mechanikai és fizikai tulajdonság vezetett ahhoz, hogy világszerte több, mint 500 projekt helyszínén több, mint 50 000 km ACCC-sodronyt felhasználó távvezeték épült sikeresen.

A vezető termikus megereszkedésének összehasonlítása (4. ábra) a Hydro One által a Kinectrics Lab-ban végzett vizsgálatokon alapult, ahol 1600 A-t vezettek át minden vezetőtípuson egy 65 méteres (215 láb) beltéri vizsgálati szakaszon. Megjegyzendő, hogy az ACCC-sodrony 60-80 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten működött, mint a többi vizsgált vezeték, azonos terhelési körülmények között.



4. ábra Belógás/hőmérséklet grafikon [6]

Míg a belógási különbségek könnyen észrevehetőek, figyelembe kell venni az ACCC-sodrony alacsonyabb üzemi hőmérsékletét azonos terhelési körülmények között, ami az I²*R vonalveszteségek további jelentős csökkenését eredményezi az alacsonyabb üzemi hőmérsékleten az alacsonyabb ellenállás miatt. Az ACCC-sodrony alkalmazásával jelentős energiamegtakarítás érhető el, amint azt a 5. ábra mutatja, ahol a vezetékveszteségeket a terhelési tényező függvényében értékelték 1,4 kA csúcsáram mellett egy 32 km-es (20 mérföldes) 230 kV-os háromfázisú áramkörben.



5. ábra ACCC vonalvesztés-csökkenés a terhelési tényező függvényében [4]

A 6. ábrán látható a DRAKE típusú ACCC sodrony adatlapja, mely a sodronnyal kapcsolatos információkat és adatokat tartalmazza metrikus és angolszász szabvány szerint. Pl.: a sodronyt felépítő elemek fizikai és mechanikai tulajdonságai.

DATA SHEET:		CTC GLOBAL	
ACCC® DRAKE			
ACCC® 520/71/281 (1026 kcmil)*			
For questions, please contact CTC Application Engineering Department: applicationsupport@ctcglobal.com			
Metric and US Units are considered separate			
Aluminum Specification		Metric	US Units
Nominal Aluminum Cross-sectional Area***	519.7	mm ²	1025.6 kcmil
Aluminum Conductivity/Type	63%	% IACS	1350-O
Aluminum Nominal Weight**	1432.6	kg/km	962.8 lb/kft
Coefficient of Thermal Expansion	23.0	x10 ⁻⁶ /°C	12.8 x10 ⁻⁶ /°F
Aluminum Heat Capacity	1341.2	W-s/m-°C	227.1 W-s/ft-°F
ACCC® Core Specification (CTC Part Number 200-007)		Metric	US Units
Nominal Cross-sectional Area of Core	71.30	mm ²	0.1100 in ²
Nominal Diameter of Composite Core	9.53	mm	0.375 in.
Core Nominal Weight	133.0	kg/km	89.2 lb/kft
Rated Strength of Core - 310 ksi (2137 MPa)	151.7	kN	34.1 kips
Coefficient of Thermal Expansion	1.61	x10 ⁻⁶ /°C	0.894 x10 ⁻⁶ /°F
Modulus of Elasticity	112.3	GPa	16.29 Msi
Core Heat Capacity	108.1	W-s/m-°C	18.3 W-s/ft-°F
ACCC® Conductor Specification		Metric	US Units
Overall Diameter of Conductor ¹	28.14	mm	1.108 in.
Nominal Cross-sectional Area of the Conductor	591.0	mm ²	0.916 in ²
Ultimate Tensile Strength of Conductor ²	180.6	kN	40.6 kips
Conductor Nominal Weight**	1565.6	kg/km	1052.0 lb/kft
Coefficient of Linear Expansion Above Thermal Kneepoint	1.61	x10 ⁻⁶ /°C	0.894 x10 ⁻⁶ /°F
Coefficient of Linear Expansion Below Thermal Kneepoint	18.3	x10 ⁻⁶ /°C	10.18 x10 ⁻⁶ /°F
Final Modulus of Elasticity Above Thermal Kneepoint	112.3	GPa	16.29 Msi
Final Modulus of Elasticity Below Thermal Kneepoint	61.2	GPa	8.9 Msi
Maximum Allowable Operating Temperature at Surface ³	180	°C	356 °F
Electrical Specification		Metric	US Units
Nominal DC Resistivity at 20°C	0.0536	ohm/km	0.0863 ohm/mile
Temperature Coefficient of Resistance	0.00404	/°C	0.00209 /°F
Frequency	60	Hz	60 Hz
AC Nominal Resistance at 25°C	0.0554	ohm/km	0.0892 ohm/mile
AC Nominal Resistance at 75°C	0.0662	ohm/km	0.1065 ohm/mile
AC Nominal Resistance at 180°C	0.0888	ohm/km	0.1428 ohm/mile
AC Current Rating at Given Temperatures ⁴		1786 @ 180C & 60 Hz	
		1884 @ 200C & 60 Hz	
GMR (estimated)	11.46	mm	0.0376 ft.
Inductive Reactance	0.247	ohm/km	0.3981 ohm/mile
Capacitive Reactance	0.147	Mohm-km	0.0912 Mohm-mile

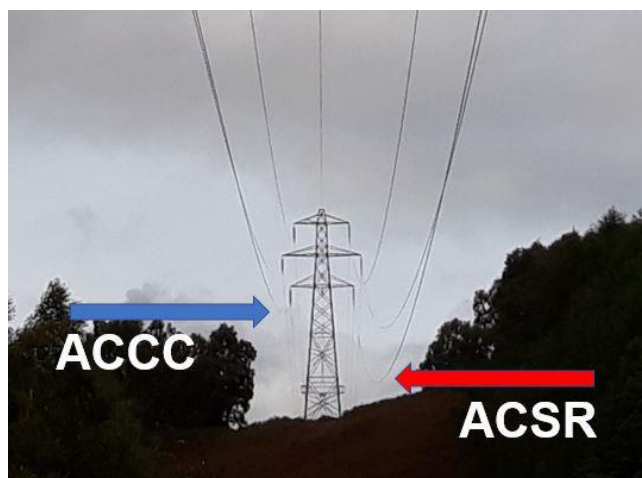
ACCC® is produced using 1350-O (fully annealed) aluminum.

6. ábra „DRAKE” típusú ACCC adatlapja [7]

5. Az ACCC sodronyok alkalmazása a való életben

Napjainkban Magyarországon egyre több távvezetéken figyelhető meg a címben is említett ACCC típusú sodrony, s ennek kiépítése a jövőben is folytatódik. Vannak olyan

szakaszok, részek, ahol az ACSR és az ACCC vezeték egymás mellett egy kétfázisú távvezetéken fut. Mint ahogyan a 7. ábra is mutatja, a fentebb említett két sodronyfajta belógása között szembejövő a különbség. Bal oldalon található az ACCC és jobb oldalon a hagyományos ACSR sodrony.



7. ábra ACCC és ACSR belógása

6. Összegzés

A fentiekben leírtak alapján látható, hogy mennyi előnnyel járhat, ha ACCC sodronyt alkalmazunk az adott távvezeték kapacitásának bővítésére. Így olyan előnyökhöz is juthatunk, mint pl. az új sodrony kisebb belógása, ami hozzájárulhat a védőtávolságok megnöveléséhez. A cikkben nem tértem ki tételesen a pénzügyi adatokra, ugyanis minden beruházás különböző.

Felhasznált irodalom

- [1] Jordi-Roger Riba, Santiago Bogarra, Álvaro Gómez-Pau, Manuel Moreno Eguilaz, Uprating of transmission lines by means of HTLS conductors for a sustainable growth: Challenges, opportunities, and research needs, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 134, 2020
- [2] Rashmi, G.S. Shivashankar, Poornima, Overview of different overhead transmission line conductors, Materials Today: Proceedings, Volume 4, Issue 10, 2017, Pages 11318-11324
- [3] Ujah CO, Kallon DVV, Aikhuele DO, Aigbodion VS. Advanced Composite Materials: A Panacea for Improved Electricity Transmission. Applied Sciences. 2022; 12(16):8291. <https://doi.org/10.3390/app12168291>
- [4] Engineering Transmission Lines with High Capacity Low Sag ACCC® Conductors CTC Global Corporation 2011 ISBN # 978-0-615-57959-7
- [5] Alawar, A. A., Bosze, E. J., & Nutt, S. R. (2007). High temperature strength and creep of an Al conductor with a hybrid composite core. In ICCM International Conferences on Composite Materials
- [6] Goel, A., Kamarudin, A., Pon, C. New High Temperature Low Sag Conductors, NATD Conference & Expo May 2005
- [7] https://s3.amazonaws.com/ctc-media/wp-content/uploads/20190729113110/ACCC-DRAKE_Data-Sheet.pdf