

## A hazai villamos vontatás Balaton környéki autotranszformátoros rendszere

2020. október 15

### BEVEZETÉS

Az Energetikai Szakkollégium Csonka János emlékfélévének negyedik előadása során az érdeklődők a hazai villamos vontatás jellemzőibe, valamint a jelenleg kivitelezés alatt álló észak-balatoni vasútvillamosítás projekttel ismerkedhettek meg Dr. Ladányi József segítségével.

Dr. Ladányi József okleveles villamosmérnök, mérnök-közgazdász, a villamosmérnöki tudományok doktora. 2019 májusától a BME Villamos Energetika Tanszék vezetője. A párizsi székhelyű Nagy Villamosenergia-rendszerek Egyesülésének Magyar Nemzeti Bizottságának titkára. A Magyar Mérnöki Kamara jegyzett tervezője, szakértője energetikai létesítmények tématerületen.

Szakterülete a kisfrekvenciás elektromágneses összeférhetőség villamosenergia-rendszerekben, távközlési rendszerekben és vasúti környezetben. Egyik kidolgozója és előadója a Villamosenergia-rendszerek és a Villamos vontatás táplálás rendszerei c. tantárgyaknak. Az utóbbi 8 év vasútvillamosítási projektjeinek jelentős részében készítette a tervezéshez szükséges szimulációs számításokat, kivitelezés után ellenőrző méréseket.

Az előadás online formában került megrendezésre, az Energetikai Szakkollégium Twitch csatornáján.

### ÁTTEKINTÉS

Dr. Ladányi József az előadást Dr. Kandó Kálmán és Verebély László életútjainak említésével kezdte, mivel a vasútvillamosítási rendszerek kidolgozásban elengedhetetlen jelentőséggel bírt munkásságuk. Mindemellett a BME Villamos Energetika Tanszék életében is nagy szerepe volt a villamos vasútnak, ugyanis a tanszék neve 1937-től 1961-ig Villamos Művek és Vasutak Tanszék volt.

Az előadás során a villamosvontatási rendszerek jellemzői kerültek ismertetésre. Továbbá az észak-balatoni vasútvillamosításról kaphattak az érdeklődők átfogó képet, mind a tervezési és kivitelezési fázisokba, valamint a felmerült problémák és azok megoldásaiba.

## VILLAMOS VONTATÁS MAGYARORSZÁGON

A villamosított vasutak a háztartásokhoz hasonlóan a közcélú elosztó hálózatokról kapják a működésükhöz szükséges energia ellátást, részei a villamosenergetikai-rendszereknek. Hazánk áramfogyasztásának nagyjából 1,5%-át teszik ki.

A térképen behúzott kék színű szakaszok ábrázolják a jelenleg használatban álló villamosított vasút hálózatokat. A MÁV vasúti hálózatának a jelen állás szerint körülbelül 38%, a GYSEV vasúthálózatának közel 90% villamosított.

Fontos kiemelni, hogy a villamos vontatás nem csak a teherszállításra vonatkozik.

## Magyarország vasúti térképe



## A VILLAMOS VONTATÁSI RENDSZEREK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

A villamos mozdonyok nagy előnye a dízelmozdonyokkal szemben, hogy az ún. kerékkerületi hatásfoka nagyjából 60%, míg a dízelmotorral meghajtott mozdonyok hatásfoka megközelítőleg 20%. Természetesen a direkt összehasonlítás képét árnyalja a villamosenergia előállításának hatásfoka az adott erőműtípusban.

A villamos üzem egyéb előnyökkel is jár a dízelvontatással szemben:

- A hazai árviszonyok mellett jelenleg ötször költséghatékonyabb.

- Az "energiaár-olló" a trendek alapján tovább nyílik, a villamos vontatás árelőnye folyamatosan nő.
- A dízelolaj ára változó, míg a villamos energia előállítására stabil.
- A megújuló energiaforrások nagyobb részarányban hasznosíthatóak.
- A visszatáplálásos féküzemi energia jó hatásfokkal hasznosítható.

Ha a visszatáplált energia nem kerül közvetlen felhasználásra, akkor az az áramszolgáltató felé visszaadható energiaként jelentkezik. A TEB Központ mérései szerint ez akár 13%-ot is elérhet. A ritkábban megálló mozdonyok esetében ez az érték 10-11%, a sűrűbben fékező elővárosi forgalomban közlekedő motorvonatoknál 20-21%.

A villamos üzem nagy hátránya azonban, hogy helyhez kötött berendezések létesítési és üzemeltetési költségeit igényli. Egy adott vonalra történő bevezetése körültekintő vizsgálaton esik át, mind műszaki, mind gazdasági tekintetben. Ezeket a költségeket biztosítani kell, a megtérülés figyelembe vételével.

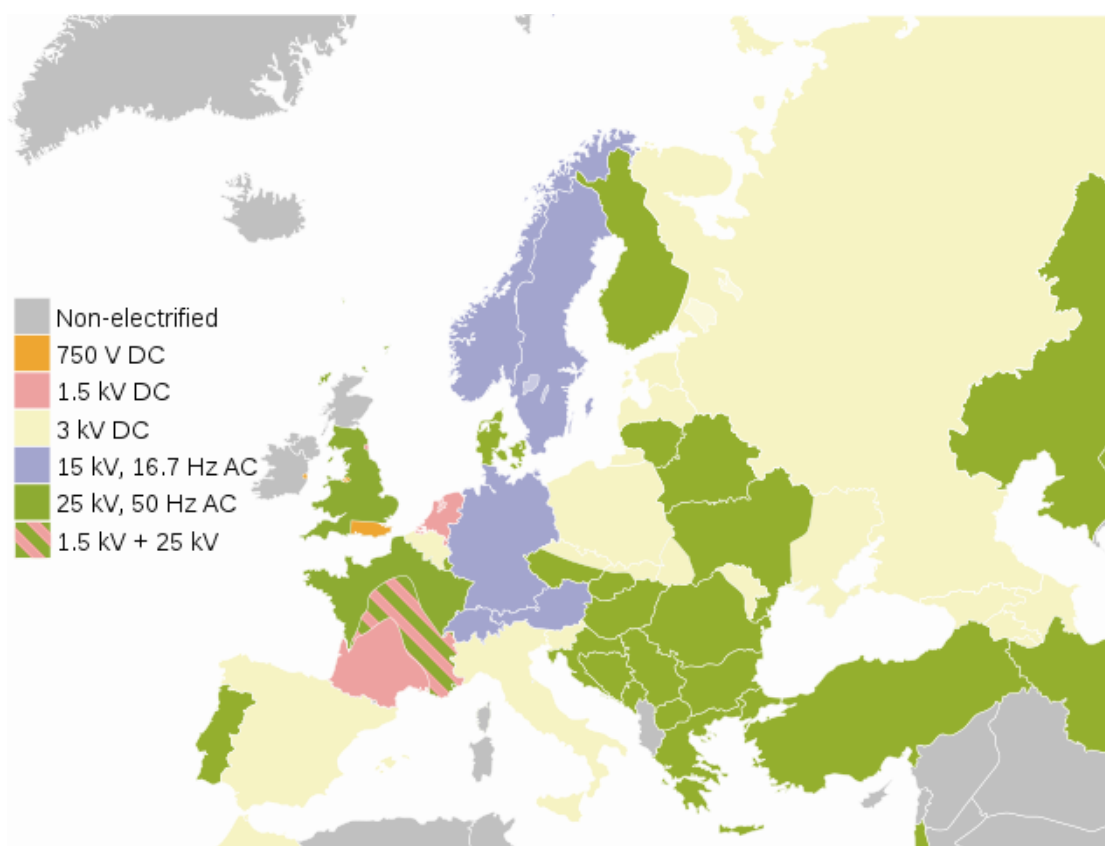
A növekvő szállítási igények, mind a teherszállításnál, mind személyszállításnál egyre inkább megnövekedett egységteljesítményű mozdonyokat kívánnak meg. Ez egyenes következménye a villamosvasút hálózat növekvő energia felhasználásának, ami egyre nagyobb terhelést jelent a vontatási rendszer elemeire, az energiaátviteli utat biztosító felsővezetékrendszerre, a kapcsolókészülékekre, valamint a betáplálást biztosító alállomásokra. Ezt az igényt tervezésekor is figyelembe kell venni.

### VILLAMOS VONTATÁSI RENDSZERTÍPUSOK

Két fő rendszer típusa van a nagyvasúti villamos vontatásnak: Az egyenáramú (DC) és a váltakozó áramú (AC).

A váltakozó áramú villamos vontatási rendszer az alábbi altípusokból áll:

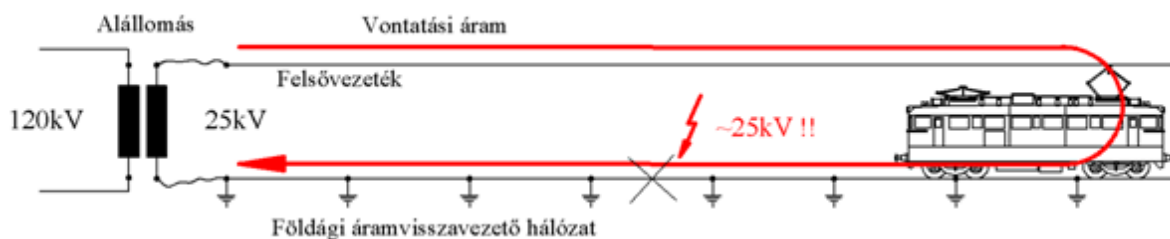
- Hagyományos 15 kV-os 16  $\frac{2}{3}$  Hz frekvenciájú
- Hagyományos 25 kV-os 50 Hz-es
- Hagyományos 25 kV-os 50 Hz-es áram-visszavezető kábeles
- Hagyományos 25 kV-os 50 Hz-es kétoldali táplálású
- Autotranszformátoros
- Booster transzformátoros
- Különleges/vegyes



A fenti ábra megmutatja az Európában használatban lévő villamos vontatási rendszereket, melyek közül a legelterjedtebbek a 1,5 kV-os és 3 kV-os egyfázisú. Némely országban az átállás a nagyobb teljesítményű, váltakozó áramú rendszerre lényegében csak gazdasági kérdés.

### 1x25 kV-os 50 Hz-es RENDSZER

Az egyszer 25 kV-os 50 Hz-es rendszer rövidítve csak BTRR-nek nevezik. A 120 kV-os 3 fázisú 50 Hz-es elosztóhálózat 2 fázisa közé csatlakozik 120/25 kV-os vagy 126/27,5 kV-os transzformátorokkal.



A BTRR rendszerben az energia kitáplálási utat a felsővezeték biztosítja és a vasúti pálya (sínrendszer) szolgál földági áramvisszavezetési útként.

A visszafolyó áram mind a sínhálózaton, mind a földön keresztül záródik, így a környező vonalas létesítményekbe feszültséget indukálhat, amivel tervezéskor számolni kell.

A rendszer előnye, hogy egyszerűen, közvetlenül lehet a nagyfeszültségű elosztó hálózatra csatlakoztatni, más rendszerekkel ellentétben nem szükséges erőműveket, frekvencia-átalakító állomásokat és távvezetékrendszert kiépíteni. Hátránya, hogy aszimmetria jön létre a háromfázisú hálózatban az egyfázisú, vonali feszültségre kapcsolt terhelés miatt. Ennek kiküszöbölésére több módszer létezik: a Scott transzformátorok használata, vagy a transzformátorok V-kapcsolása. A mozdonyokon használt egyenirányítók is felharmonikusokat hozhatnak létre.

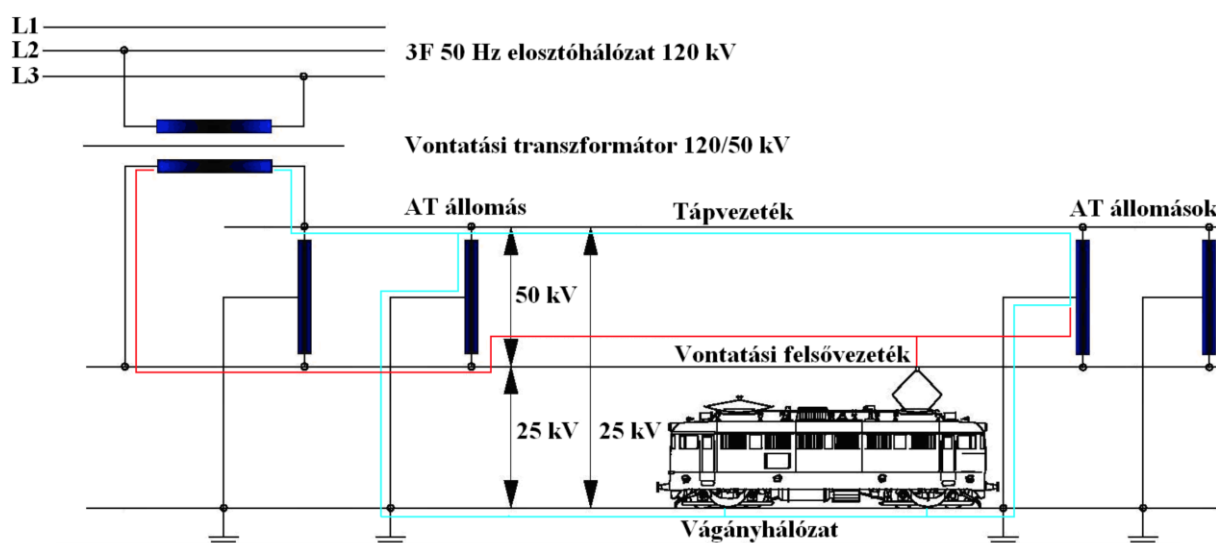
### **1x25 kV-OS 50 HZ-ES RENDSZER ÁRAMVISSZAVEZETŐVEL (BTRC)**

A rendszer fő előnye, hogy csökkenti az áramkilépést a talajba, így a kialakuló nagy hurkokat is. Ez a rendszer kevésbé indukál feszültséget a környező létesítményekben. Különbsége a BTRR rendszertől, hogy a felsővezetékrendszerrel párhuzamosan kialakítanak egy áramvissavezető sodronyt, mely bizonyos helyeken vezető kapcsolatban van a sínrendszerrel.

### **AUTOTRANSZFORMÁTOROS RENDSZER**

Az autotranszformátoros rendszer (hazai szinten szimmetrikus 2x25 kV-os) bizonyos szempontok szerint a hagyományos 1x25 kV-os rendszer továbbfejlesztett változata. Ebben az esetben a vontatási állomások a vasútvonalra 50 kV-on táplálják be a villamos energiát és a viszonylag kis távolságokra telepített 50/25 kV-os takarékos transzformátorokkal (AT állomások) biztosítják a 25 kV-os vontatási feszültséget a mozdonyok számára. Ez a táplálási rendszer lehetővé teszi, hogy a 120/50 kV-os transzformátor állomások egymástól messzebb települjenek, ezáltal durva becsléssel a kétszeres feszültség azonos átvitt teljesítménynél negyed akkora veszteséget, fele akkora feszültségesést eredményez, valamint lényegesen csökkenti a földben visszatérő áramok zavaró hatásait a vasútvonal környezetében húzódó hírközlési kábelekre. A kedvező feszültségesési viszonyok miatt nagyobb terhelések alkalmazhatók adott állomási betáplálási távolságok mellett, illetve adott terhelés esetén nagyobb távolságonként elegendő betáplálást biztosítani, ami azért is jó, mert lehetséges, hogy az áramszolgáltatói betáplálási lehetőség fizikailag messze van.

Jelenleg Magyarországon autotranszformátoros rendszer a Dél-Balatonon és annak környékén található. Két alaptípusa van a főtranszformátor (vontatási transzformátor) típusától függően: 120/25 kV vagy 120/50 kV-os.



Az ábrán a 120/50 kV-os autotranszformátoros rendszer felépítése látható.

### ÉSZAK-BALATON VASÚT VILLAMOSÍTÁSA

Sikeres közbeszerzés után Szabadbattyán - Balatonfüred vonalszakaszon 2018. október 27-én megkezdődött a villamosvasút kiépítése és a részleges akadálymentesítése. A kiviteli munkát a VASÚTVILL Kft. és az R-KORD Kft. alkotta ÉB 2018 Konzorcium nyerte el. A beruházás összege közbevetőleg 23 milliárd Forint, a kivitelezés várhatóan 2021. augusztusában fog befejeződni.

A kivitelezés két ütemben fog lezajlani. Első ütemben Balatonfüredig építik ki a rendszert, majd a második ütem a teljes szakaszon, Tapolcáig fog tartani. A projekt keretében többek között 46 km-es vonalhosszon megszűnik a sebességkorlátozás, 4 állomás vágányhálózata átépítésre kerül és 55 km-es vonalszakasz villamosítása fog elkészülni. A tervek szerint 2025-től a teljes szakaszon villamosüzemű szerelvények közlekednek majd.

A projekt része a csittényhegyi alagútban a vasúti pálya süllyesztése, nagyjából 20-30 cm-rel, hogy a kábel alépítmény megfelelően kiépíthető legyen.

A tervezéshez kapcsolódó feladatok:

- A vontatási rendszer típusának kiválasztása.
- A kiválasztott rendszer menetdinamikán alapuló erősáramú szimulációja (normál és szükségüzem).
- Együttműködés a távközlő vonalak zavartatás meghatározásában.
- Az AT transzformátor helyek és szükséges teljesítmények meghatározása.



Az Észak-Balatoni villamosvasút 2x25 kV-os autotranszformátoros rendszert fog használni. A vontatási rendszer kiválasztásánál főbb szempontok voltak, hogy megfelelően biztosítani lehessen a vontatójárművek teljesítmény igényeit, azt, hogy a kiépített rendszer ne okozzon elviselhetetlen zavarást az épített környezetnek, valamint gazdaságos legyen a létesítés és az üzemeltetés.

Domonkos Iván

Az Energetikai Szakkollégium tagja