

Villamosenergetikai Nagyberuházások

Kidolgozta: Sipos-Takáts Bence

ALAPFOGALMAK

Átviteli hálózat (transmission network): a villamosenergiarendszernek az a része, amely az erőművekben termelt villamos energiát nagyfeszültségű távvezetéseken és alállomásokon keresztül eljuttatja az elosztóhálózat csomópontjaiba, valamint nemzetközi távvezetéseken keresztül lebonyolítja az országok közötti villamosenergia-cserét.

A magyar 750 és 400 kV-os átviteli hálózat mint gráf: Ha valamely betáplálási pont (pl. Paks) és egy fogyasztókat is tápláló pont (pl. Litér) közötti közvetlen kapcsolat megszakad (kikapcsolódik a Paks-Litér 400 kV-os távvezeték), akkor a teljesítmény kerülő utakon áramlik, pl. Paks-Martonvásár-Litér, Paks-Toponár-Hévíz-Litér stb. Ilyenkor a hálózati veszteség megnő.

Távvezeték: villamos energia (teljesítmény) nagytávolságú átvitelére (szállítására) szolgáló nyomvonalas létesítmény; fajtái:

szabadvezeték (air insulated transmission line), amelynél a fázisvezetők közötti, valamint a fázisvezetők és a föld közötti szigetelés a levegő, a fázisvezetők és a tartószerkezet közötti szigetelés pedig a szigetelő(lánc);

kábel (cable), amelynél mind a fázisvezetők közötti, mind a fázisvezetők és a föld közötti szigetelést nagy szigetelési szilárdságú anyag (pl. térhálósított polietilén) alkotja.

Alállomás (substation): az átviteli, illetve az elosztóhálózat csomópontja, amely fogadja, továbbítja és transzformálja a villamos energiát; legfontosabb eleme a villamos csomópontot képező gyűjtősín.

Beruházás (investment): új átviteli hálózati létesítmény (távvezeték, alállomás, infrastruktúrális elem [pl. távközlés]) létrehozására irányuló műszaki-gazdasági tevékenység.

Felújítás (reconstruction): meglévő átviteli hálózati elem elavult, elöregedett alkotórészeinek új, korszerű, többnyire nagyobb kapacitású alkotórészekre való cseréje.

Diagnosztikai vizsgálat (diagnostic investigation): üzemi villamos berendezés jellemzőinek meghatározására irányuló mérés vagy méréssorozat, melynek eredményei alapján a berendezés állapota minősíthető és a szükséges beavatkozás (felújítás, karbantartás, üzemzavar-megelőzés) megtervezhető.

Karbantartás (maintenance): üzemi villamos berendezés működőképességének fenntartásához és specifikált műszaki jellemzőinek megőrzéséhez szükséges, a gyártó által előírt és az üzemeltetői tapasztalat által indokolt tartalmú rendszeres, tervezett, vagy rendkívüli, nem tervezett beavatkozás.

A távvezeték fő alkotórészei:

Nyomvonal (route line)

Oszlopalapozás (tower foundation)

Oszlop-acélszerkezet (steel lattice tower structure)

Áramvezető/fázisvezető (current/phase conductor)

Védővezető (protective/ground wire)

Szigetelés (insulation)

Szigetelőlánc- és vezetékserelvények (fittings of insulator chains and conductors)

Áramvezető: A távvezeték fő alkotórésze.

Kivitele: alumínium-acél sodrony (ACSR-Aluminium Conductor Steel Reinforced)

Szokásos keresztmetszete: 120 kV-on 250(Al)/40(Fe) mm², 220, 400, 750 kV-on 500/65, esetleg 680/85 mm²

Köteges vezető (fázisonként 2, 3 [vagy 750 kV-on 4] sodrony) esetén a kötegtávolság 400 [600] mm.

Felújítás: sokszor sérült, javított, vagy a terhelés megnövekedése miatt sor kerülhet a fázisvezető teljes vagy részleges cseréjére.

Védővezető: A távvezeték fázisvezetőinek közvetlen villámcsapás elleni védelmére, illetve a földrövidzárlati áram egy részének vezetésére szolgál. Újabban a védővezetőbe integrált optikai kábel (OPGW . OPTical Ground Wire) hordozója.

Szokásos keresztmetszete: az 1960-as években épült 220 kV-os távvezetéseknél 50 mm² acél, azóta 95/55 mm² ACSR. A védővezetőt minden oszlopon földelik; kivétel a 750 kV-os távvezeték, ahol a nagyfrekvenciás jelátvitel miatt szigetelten szereltek es szikraközön keresztül földeltek. (A villámcsapás okozta 1,2/50 µs-os homlokidejű/félérték(félhát)idejű lökőhullám hatására a szikraközök kb. 100 µs időtartamra atütnek, de utána regenerálódnak, es a jelátvitel zavartalanul folyik tovább.)

Felújítás: sokszor sérült, száltöréses, korrodált acél védővezetőt ma már OPGW-re cserélnek.

Szigetelés: Az áramvezetőknek a földelt oszlopszerkezettől való elszigetelésére szolgál.

Fajtái: feszítő szigetelő

tartó szigetelő: fázisvezetőt tartó szigetelő

áramkötést tartó segéd szigetelő

Kivitele: szigetelő tagokból (pl. egysapkás szigetelőkből) álló szigetelőlánc
hosszúrúd-szigetelő (porcelán, műanyag-kompozit)

Igénybevételek:

Villamos: tartós: ipari frekvenciás fázisfeszültség

rövid idejű: kapcsolási hullámú túlfesz.(250/2500 µs)

légköri túlfesz. (1,2/50 µs)

Mechanikai: statikus: súlyerő, (kvázistatikus) feszítőerő

dinamikus: szélerő (lökés, rezgés), láncágszakadás

Használatos szigetelőfajták:

Porcelán: egysapkás, kétsapkás (mindkettő idejétmúlt).

hosszúrúd (kb. 1965-1990 között használták); előregedve hajlamos a szakadásra.

Edzett üveg: egysapkás; szakadásmentes, az ernyőjét vesztett szigetelő is kibírja a névleges szakítóerő 80%-át.

Műanyag kompozit: hosszúrúd;

felépítése: epoxigyantával telített üvegszálalás rúd, rásütött szilikongumi ernyőzettel, mely víztaszító (hidrofób)tulajdonságú.

Felújítás: Az1990-es évektől a porcelán hosszúrúd-szigetelőket egysapkás üveg- vagy kompozit hosszúrúd-szigetelőkre cserélik.

A távvezeték szerelvények fajtái:

Szigetelőlánc-szerelvények: a szigetelőlánc elemeinek az oszlopszerkezettel, egymással és a vezeték szerelvényekkel való összeerősítésére szolgálnak.

Speciális funkciójúak: ívvédő-potenciálvezérlő szerelvények, koordináló szikraközök

Vezeték szerelvények: a fázis- és védővezetőknek a szigetelőlánc-szerelvényekkel való összeerősítésére, illetve egymással való áramvezető összekötésére szolgálnak.

Speciális funkciójúak: rezgéscsillapítók, távolságtartók, légi akadályjelzők, OPGW kötődobozok

Felújítás: a kopott, sérült, deformálódott, korrodált szerelvények cseréje.

ALÁLLOMÁS, GYŰJTŐSÍNEK, HÁLÓZATI TOPOLÓGIÁK

Az alállomás fő alkotórészei

Az átviteli hálózat olyan gráf, amelynek élei a távvezetékek, csomópontjai az alállomások.

Az alállomás elvi felépítése:

Alállomás → Kapcsolóberendezés → Gyűjtősín(ek) → Mező → Kapcsoló- és mérőkészülékek.

A gráfelmélet szempontjából az alállomás legfontosabb része a **gyűjtősín**, benne teljesül Kirchhoff I. (csomóponti) törvénye ($\Sigma I=0$): amennyi teljesítmény befolyik a gyűjtősínbe, annyi ki is folyik belőle (elhanyagolva a benne keletkező veszteséget).

A gyűjtősín fizikailag a gráf kiterjedés nélküli csomópontjának egydimenziós egyenessé való kiterjesztése, amelyhez az élek (távvezetékek, transzformátorok, generátorok stb.) csatlakoznak, egyik a másik után. Elvileg elég volna egy gyűjtősínt építeni. Azonban fontos alállomásokban a gyűjtősínt kettőzik, esetleg háromszorozzák. Ha az egyik kiesik, a másikon keresztül az üzem zavartalanul folyhat. Vannak megfelelő védelmek, amelyek megakadályozzák, hogy az egyik gyűjtősín hibája a másikkra átterjedjen. Több (pl. két) gyűjtősín esetén tetszőleges leágazás üzem alatti áttérítése egyik gyűjtősínről a másikra:

1. A sínáthidaló mező beszakaszolása mindkét gyűjtősínre.
2. A sínáthidaló mező megszakítójának bekapcsolása.
3. Az áttérítendő mező beszakaszolása a cél-gyűjtősínre, majd kiszakaszolása arról a sínról, amelyen korábban volt. A gyűjtősín a villamos kapcsoló-berendezés azon része, amelyre a leágazások csatlakoznak. A gyűjtősínek, mint a kapcsoló-berendezés térben széthúzott csomópontjának alapvető feladata a villamos energia fogadása és elosztása a fogyasztók között.

Az egyszeres (osztatlan) gyűjtősínbe (a ábra) semmiféle kapcsolókészüléket nem építenek be.

Előnyei: kis helyigényű, egyszerű a kezelése, olcsó.

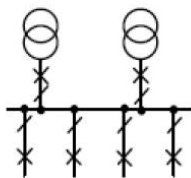
Hátránya: tervszerű karbantartáskor vagy a gyűjtősín meghibásodásakor az egész állomás üzeme megszűnik.

Az egyszeres osztott gyűjtősín hosszában szakaszolókat helyeznek el (b ábra), melyekre csak karbantartáskor vagy javításkor van szükség. Azért van kettő belőle, mert ha csak egy lenne a gyűjtősín-szakaszoló karbantartásához mindkét gyűjtősín felet feszültségmentesíteni kellene.

A gyűjtősín osztására szakaszoló helyett megszakítót építenek be (c ábra), ha a hosszanti bontásra a karbantartás igényén kívül más okból is rendszeresen szükség van (pl. önműködő zárlati áramkorlátozás esetén).

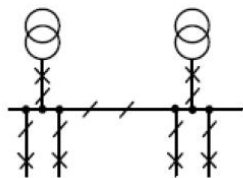
A d ábrán látható segédsínes megoldás ma már ritkábban alkalmazott kapcsolás. A segédsín tápláló megszakítós leágazással feszültség alá lehet helyezni a segédsínt, és arra rászakaszolni azt az elmenő vezetéket, amelynek leágazási készüléke meghibásodott és javításra szorul.

Egyszeres osztatlan gyűjtősín



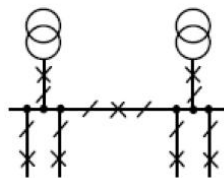
a)

Egyszeres gyűjtősín szakaszolós bontással



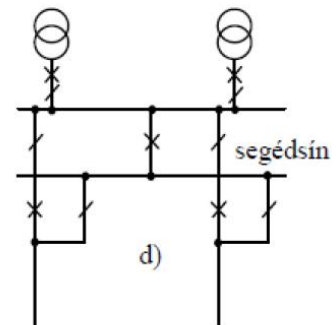
b)

Egyszeres gyűjtősín megszakítós bontással



c)

Egyszeres gyűjtősín segédsínnel



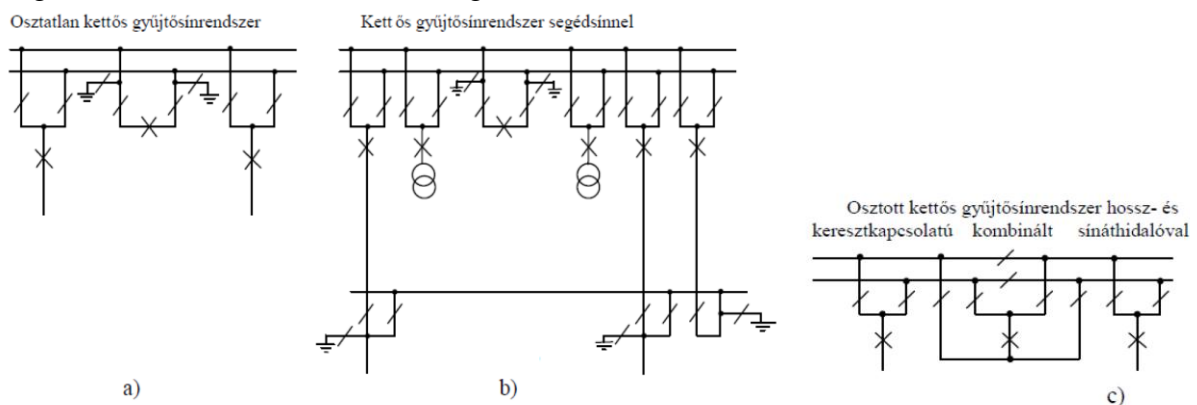
d)

Kettős gyűjtősín: Két egyenrangú gyűjtősínből áll. A két gyűjtősín terhelés alatti össze-, ill. szétkapcsolására, valamint a zárlat alatti szétválasztására az ún. sínáthidaló megszakítója alkalmas, amely a gyűjtősínnekhez egy-egy szakaszolóval csatlakozik. A sínáthidaló másik fontos szerepe, hogy megszakítója bármelyik leágazás megszakítóját helyettesítheti. Ebben az esetben a helyettesítendő megszakítójú leágazást az egyik, az összes többi leágazást a másik gyűjtősínre szakaszolják.

Osztatlan, hagyományos kettős gyűjtősínrendszer kapcsolása látható az a ábrán. Általában a leágazások egyik felét az egyik, másik felét a másik gyűjtősínről üzemeltetik. A sínáthidaló lehetővé teszi, hogy bármelyik leágazás terhelés alatt is áttéríthető az egyik sínről a másikra.

Osztatlan kettős gyűjtősín segédsínnel (b ábra). Bármelyik leágazást, de egyidejűleg csak egyet a saját megszakítóját kikerülve a segédsínrre lehet szakaszolni.

Kettős gyűjtősínrendszer hosszanti bontása, ill. összekötése a legegyszerűbben soros szakaszolókkal hozható létre. A terhelés alatti hosszanti bontás és összekötés úgy oldható meg, ha a sínbontó szakaszolókat megszakítóval söntölik (c ábra)

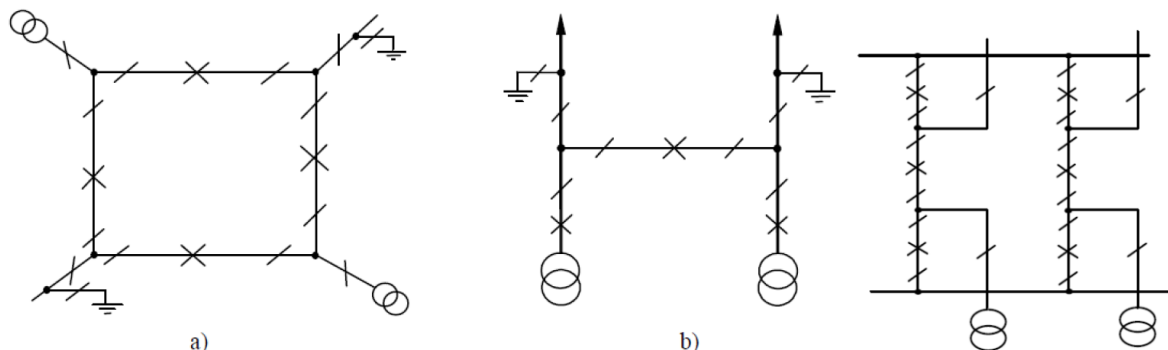


A poligon- (sokszög-) kapcsolású rendszer az egyes leágazások között tulajdonképpen gyűjtősín nélkül hoz létre kapcsolatot. (a ábra) Ennél a kapcsolásnál az összes megszakító a hozzá tartozó szakaszolókkal együtt gyűrűben van felfűzve.

A kapcsolat előnye: a sokszög bármelyik részén bekövetkező zárlat esetén a hibás vezeték részt a két szomszédos megszakító kikapcsolja, míg a berendezés többi része változatlanul üzemben marad.

Hátrányai: a megszakító működések száma kétszeresére emelkedik és a berendezés bővítése az üzem zavarása nélkül szinte lehetetlen.

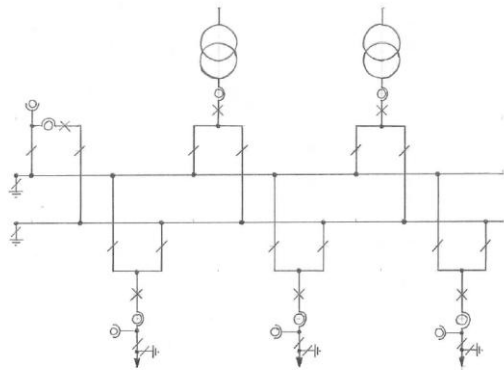
A P-kapcsolás, amely Magyarországon 120 kV-on eléggé elterjedt, tulajdonképpen egy befejezetlen négyszög poligon két távvezeték és két transzformátorleágazása (b ábra)



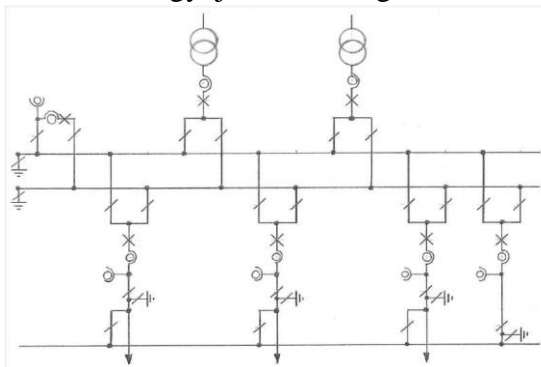
Másfél-megszakító rendszer: Az elnevezés onnan származik, hogy a kapcsolatban két leágazáshoz három, tehát egyhez 1,5 megszakító tartozik. A kapcsolat megtartja a hagyományos poligonkapcsolásnak a zárlatok kihatásaival szembeni érzéketlenségét, valamint azt a tulajdonságát, hogy mindegyik leágazásban két megszakító van. A rendszer

további előnye, hogy a gyűjtősínek szerepe nem olyan kritikus, mint a hagyományos kettős gyűjtősíneké. Hátránya, hogy igen drága, ezért csak különösen nagy biztonságot igénylő állomásoknál alkalmazzák.

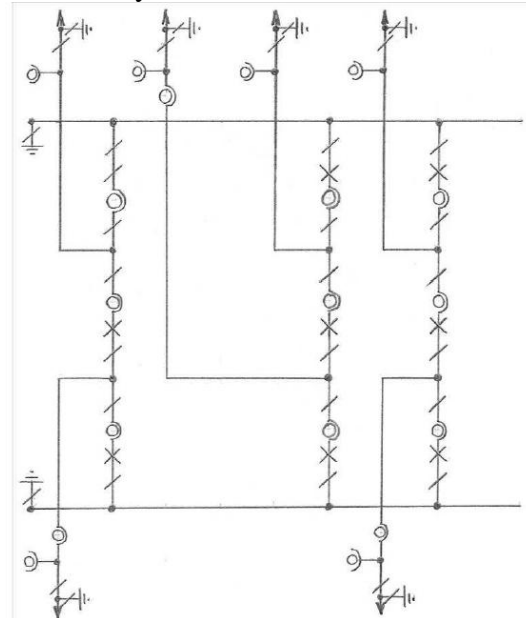
Kettős gyűjtősín (double busbar): 120, 220 kV - Dunaújváros



Kettős gyűjtősín+segédsín (double busbar + auxiliary busbar) (a sínáthidalón kívül van segédsín-betáplálói mező is): 120, 220 kV Az Ócsai 220/120 kV-os állomás 220 kV-os kettős gyűjtősínes + segédsínes



Másfélmegezakító (one-&a-half-breaker scheme): 400, 750 kV A Sajószögedi 400/220/120 kV-os állomás a gyors indítású, nyílt ciklusú



Hurkolás oka: A sugaras hálózatban bekövetkező hiba után a fogyasztók ellátatlanok maradnak, egy-egy elem karbantartása esetén a mögöttes hálózat ugyancsak fogyasztói kieséssel jár. A hurkolt hálózaton egy-egy elem meghibásodása vagy karbantartása nem jár fogyasztók korlátozásával

Hálózati topológiák:

Sugaras hálózat

Fő jellemzője, hogy a fogyasztó egyetlen vezetéken, egy úton csak egy irányból kaphat villamos energiát. A vastag vonallal rajzolt vezeték a gerinc-, vagy fővezeték. A megszakítók és az oszlopkapcsolók (szakaszolók) bontási lehetőséget biztosítanak akár a karbantartás, akár üzemzavar idejére, a meghibásodott vezetékek leválasztására.

A hálózat előnye: könnyen áttekinthető, a hibás vezetékszakasz megállapítása, leválasztása a legegyszerűbb.

Hátránya: a meghibásodás miatt a gerinc- vagy szárnyvezetéken bekövetkezett lekapcsolás miatt - a hiba megszüntetésének időtartamára - a fogyasztók villamos energia nélkül maradnak. A feszültségesés is a vezeték végén

lév

fogyasztóknál a legnagyobb.

A magyar villamosenergia-rendszerben a 20 kV-os szabadvezeték és a 10 kV-os kábelhálózatok tipikusan sugaras hálózatok.

Íves hálózat

Kialakítása lényegében azonos a gyűrűs hálózatokéval, csak egymástól független táppontokból indulnak ki a gerincvezetékek, melyek azután megszakítóval kapcsolódnak össze.

Előnyük a gyűrűs hálózatokkal szemben, hogy bármelyik táppont kiesése biztosítható a fogyasztók villamos energiával történő ellátása.

Alkalmazásának területei és feszültség szintjei azonosak lehetnek a sugaras hálózatokéval.

Párhuzamos vezeték (Trónk vezeték)

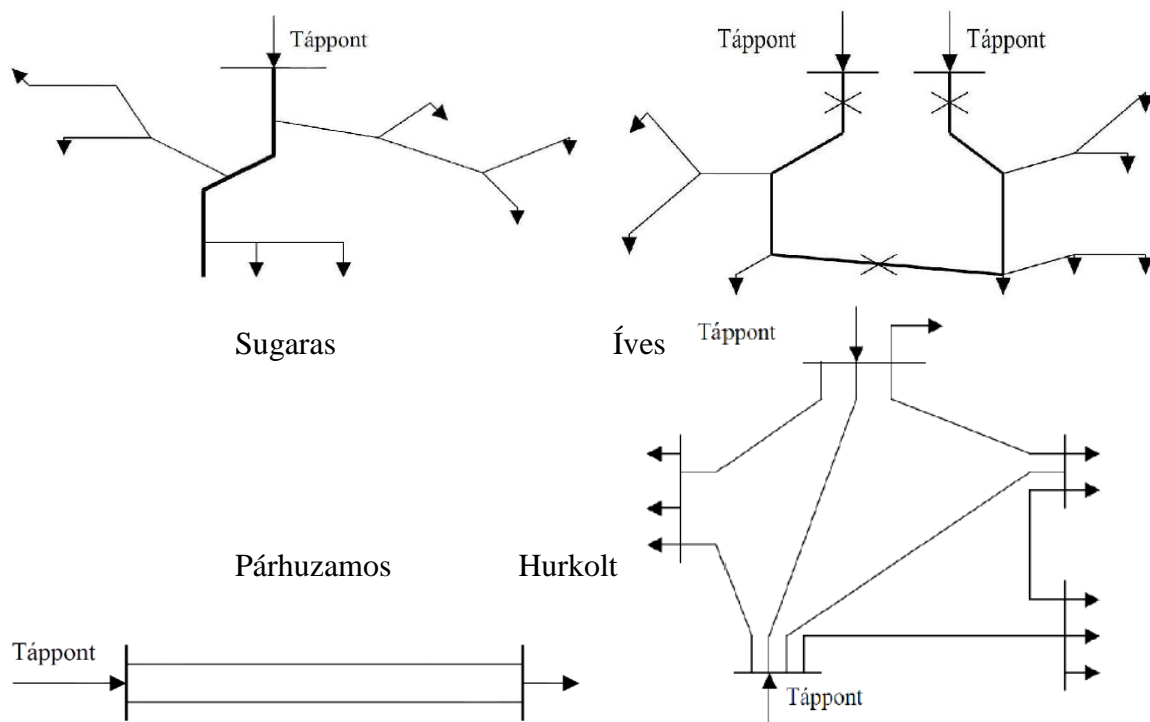
A villamosenergia-ellátásban fontos csomópontok összekötésére, vagy nagyüzemi fogyasztók üzembiztos energiaellátására szolgáló hálózat.

Hurkolt hálózat

A hálózat egyidejűleg több tápponton keresztül látja el villamos energiával az egymással is több vezetékkel összekapcsolt fogyasztókat.

Előnye az előbbieken megismert villamoshálózati alakzatokkal szemben, hogy a fogyasztók villamos energiával való ellátásának biztonsága a legnagyobb és a villamos energiaszolgáltatás minőségi jellemzői is a legjobbak.

Hátránya, hogy bonyolultsága miatt létesítési költségei igen nagyok.



Szállítási veszteségek csökkentése:

- Az erőműben vagy a közelében át kell venni, fel kell transzformálni, a villamos energiát nagyfeszültségen kell szállítani,
- a fogyasztó közelében le kell transzformálni és átadni az elosztást végzőnek
- Mindezt nagy üzembiztonsággal, megbízhatósággal kell megtenni

Az alállomás villamos alkotórészei:

Primer villamos berendezések: mindazok, amelyek részt vesznek a villamos erőátvitelben, nagy-, közép- és kisméretű feszültségen egyaránt.

Szekunder villamos berendezések: mindazok, amelyek ellátják a primer villamos berendezések helyi és távműködtetését, védelmét, irányítástechnikáját, távközlését, mérését és egyenáramú segédüzemét.

A nagyfeszültségű kapcsolóberendezés primer elemei:

Megszakító (circuit breaker)

Képes megszakítani

- a névleges üzemi áramot (2-4 kA), közepfeszültségű generátor-megszakító akár 15 kA-t,
- a rövidzárlati áramot (25-50 kA),
- kis induktív ($\cos\varphi=0$) áramot (pl. a 750 kV-os söntfojtó néhány száz A-es üzemi áramát),
- kis kapacitív ($\cos\varphi=0$) áramot (pl. nagyfeszültségű kábel üresjárási áramát),
- elviseli a rövidzárlatra való rákapcsolást, majd a zárlati áram azonnali megszakítását.

Ívöltő közeg: kénhexafluorid (SF₆) vagy vákuum, régebben olaj vagy nagynyomású (40 baros) száraz levegő.

A hajtás energiatárolásának módja: rugóerőtárolás, hidraulikus (az energiatároló nagynyomású nitrogén-gázrugó, a működtető közeg olaj) vagy nagynyomású (20-40 baros) levegő.

Kikapcsolási idő: 25-40 ms.

Bekapcsolási idő: 50-100 ms.

Felújítás: a valamikori Ganz Villamossági Művek által az 1960-1980-as években gyártott OR sorozatú olajpneumatikus hajtású, kisolajterű egységkamrás 120, 220 és 400 kV-os megszakítók cseréje SF₆ oltóközegűekre.

Szakaszoló (disconnecter, disconnecting switch, isolator)

Az árampálya kijelölésére, meghatározott részeinek leválasztására, valamint a névleges és a zárlati áram vezetésére, de nem megszakításukra szolgál. **Felújítás = csere.**

Földelőszakaszoló (earthing switch)

A kapcsolóberendezés kikapcsolt, kiszakasztott és bénított működtetésű primer villamos elemeinek földelésére szolgál, elsősorban élet- és balesetvédelmi okokból.

Áramváltó (current transformer, CT)

A nagyfeszültségű, néhányszor 100 vagy 1000 A-es áramot a szekunder áramkörökhöz (védelem, mérés) szükséges kisméretű feszültségű, 1 vagy 5 A-es árammá transzformálja.

Szigetelőanyaga SF₆ gáz vagy olaj.

Feszültségváltó (voltage transformer, VT; potential transformer, PT)

A nagyfeszültséget (pl. 400 kV-ot) a szekunder áramkörökhöz (védelemhez, méréshez) szükséges 100 vagy 200 V-os kisebb feszültséggé transzformálja.

Kombinált mérőváltó, kombiváltó (combined measuring transformer, combined instrument transformer)

Közös házba/edénybe szerelt áram- és feszültségváltó, mellyel beépítési helyet, készüléktartó vasszerkezetet, külső szigetelőanyagot (porcelánt vagy kompozitot) és fém házat lehet megtakarítani.

Túlfeszültség-korlátozó, -levezető (surge / lightning arrester)

Megvédi a primer villamos berendezéseket a tranziens (kapcsolási vagy légköri) túlfeszültségektől.

Söntfojtó

Extra nagy feszültségű, hosszú távvezetéknek igen nagy az egyenletesen elosztott söntkapacitása. Egy ilyen távvezeték az egyik végén bekapcsolva (feszültség alá helyezve) anélkül, hogy ezt a kapacitást mindkét végén koncentrált induktivitásokkal kompenzálnánk, oda vezetne, hogy a másik végén az üresjárás feszültség elérné az $1,1-1,2 \times U_{\text{névleges}}$ értéket (Ferranti-jelenség), ami abszolút tűrhetetlen volna. Pl. a Zahidnoukrainszka-Albertirsa 477 km hosszú 750 kV-os távvezeték esetén a bekapcsolással ellentétes végén az üresjárás feszültség elérné a 900 kV-ot, miközben a berendezések legnagyobb megengedett üzemi feszültsége csak 787,5 kV ($1,05 \times U_{\text{névleges}}$). Ezért kell söntfojtókat alkalmazni a túlságosan nagy kapacitás kompenzálására üresjáráskor vagy kisterhelésű üzemben.

Nagyfrekvenciás csatoló kondenzátor (high frequency coupling condenser/capacitor)

Nagyfrekvenciás jeleknek a távvezeték áramvezetőjé(i)re vagy védővezetőjé(i)re való fel- és a róluk való lecsatolására szolgál. Impedanciája túl nagy az 50 Hz-es nagyfeszültség számára; csak jelentéktelen szivárgási áram folyik rajta keresztül a föld felé. (Az 50 Hz-es villamos erőátvitel és a néhányszor 10 vagy 100 kHz-es vivőfrekvenciás jelátvitel nem zavarják egymást.)

Nagyfrekvenciás hullámmérő (High frequency line trap)

Megakadályozza a csatoló kondenzátoron keresztül a távvezeték felcsatolt nagyfrekvenciás jel szétterjedését nemkívánatos irányokban. Sorosan van beiktatva az áram vagy a védővezetőbe. A hullámmérő induktivitása úgy van méretezve, hogy az 50 Hz-es áram akadálytalanul áthalad rajta, a nagyfrekvenciás jelek azonban nem, így ezek a távvezeték két vége között maradnak.

Erőátviteli transzformátor (power transformer)

Az erőátviteli transzformátor teremt kapcsolatot az alállomás különböző feszültségű kapcsolóberendezései között, ezáltal az átviteli hálózat különböző feszültségű részei között, továbbá az előbbieket és az elosztóhálózat különböző feszültségű részei között.

Az átviteli hálózati alállomások transzformátorainak névleges feszültségátviteli (és névleges teljesítményei): 750/400 (1100), 400/220 (500), 400/120 (250), 220/120 (160), 120/35/20 (40/25/25), 120/20 (40), 120/10 kV (40 MVA).

Az átviteli alállomásokon beépített fenti transzformátorok száma 67 db, összteljesítményük 14130 MVA.

Felújítás: legtöbbször gyártóműben: olajleeresztés, az aktív rész (vasmag + tekercselés) kiemelése, kerozingözös lemosás, lazulások (pl. tekercs-leszorítás) meghúzósa, forrasztások ellenőrzése, vákuum-száritás, olajkezelés, az aktív rész visszaemelése, feltöltés olajjal, feszültségpróba.

MŰSZAKI-GAZDASÁGI TEVÉKENYSÉGEK, REKONSTRUKCIÓ

Az átviteli hálózattal kapcsolatos fő műszaki-gazdasági tevékenységek:

- 1. Beruházás** (investment): új átviteli hálózati létesítmény (távvezeték, állomás, infrastruktúrális elem [pl. távközlés]) létrehozására irányuló műszaki-gazdasági tevékenység.
- 2. Felújítás** (reconstruction): meglévő átviteli hálózati elem elavult, elöregedett alkotórészeinek új, korszerű, többnyire nagyobb kapacitású alkotórészekre való cseréje.
- 3. Üzemeltetés, üzemvitel** (operation): az üzemi villamos berendezés működésben tartásához, illetve működőképességének fenntartásához szükséges műveletek összessége (kezelés, állapotfelmérés-diagnosztika, üzemzavar-elhárítás, karbantartás).

3.1. Kezelés (handling): az üzemi villamos berendezés

- üzemének felügyelete,
- állapotfigyelő bejárása,
- kapcsolási állapotának
távkezelés esetén az üzemirányító-távkezelő személyzet általi,
helyi kezelés esetén az üzemirányítók utasításai szerint a helyi kezelők általi beállítása, fenntartása, megváltoztatása,
- a folyamatos üzem fenntartásához szükséges kisebbbeavatkozások,
- a berendezések kisebb hibáinak elhárítása, javítása,
- az üzemi villamos berendezésben történő munkavégzés helyszíni feltételeinek biztosítása,
- valamint mindezek dokumentálása,

együttesen helyszíni kezelés (local handling), továbbá

- a helyszíni kezelést végző szervezeti egységek és személyek munkájának általános irányítása,
- követelményrendszerének meghatározása,
- a követelmények teljesülésének felügyelete,

együttesen központi kezelés (central handling).

3.2. Állapotfelmérés, diagnosztika (diagnostics): üzemi villamos berendezés jellemzőinek meghatározására irányuló mérés vagy méréssorozat, melynek eredményei alapján a berendezés állapota minősíthető és a szükséges beavatkozás (felújítás, karbantartás, üzemzavar-megelőzés) megtervezhető.

3.3. Üzemzavar-elhárítás (trouble-shooting): annak az üzemi hibának az elhárítása, amely korlátozza, illetve megszünteti a villamos energia termelését, termelési készségét, átvitelét, elosztását, szolgáltatását vagy felhasználását, vagy súlyosan veszélyezteteti a villamosenergia-rendszer üzembiztonságát.

3.4. Karbantartás (maintenance): üzemi villamos berendezés működőképességének fenntartásához és specifikált műszaki jellemzőinek megőrzéséhez szükséges, a gyártó által előírt és az üzemeltetői tapasztalat által indokolt tartalmú rendszeres, tervezett, vagy rendkívüli, nem tervezett beavatkozás.

Az átviteli hálózattal kapcsolatos kereskedelmi tevékenység

Árampiac – a villamosenergia-kereskedelem liberalizációja

Kettős piac: 2003-2007 között

• **Versenypiac: szereplői:** termelők (erőművek), kereskedők, az évi 6,5 GWh-nál több villamos energiát felhasználó (kb. 1 MW teljesítményű) ún. feljogosított fogyasztók. Az árak szabadok.

• **Közüzemi árampiac:** szereplői: termelők (erőművek), a közüzemi nagykereskedő Magyar Villamos Művek ZRt., az elosztóhálózati engedélyes áramszolgáltató (újabb cégnévvel áramhálózati) részvénytársaságok és azok a fogyasztók, akik nem jogosultak, vagy nem akarnak a szabadpiacon vásárolni (pl. lakosság, kisüzemek). Az árak hatóságiak.

• **Mérlegkör:** termelők, kereskedők, fogyasztók olyan csoportja, amelyben az összes villamosenergia-eladás és -vásárlás tervezett értéke megegyezik. E mennyiségeket a mérlegkörfelelős negyedórás bontásban adja meg az átviteli rendszerirányítónak. Ha a mérlegkör eltér a menetrendjétől – a tényleges fogyasztás nagyobb vagy kisebb, mint a tervezett –, akkor a különbséget a rendszerirányító egyenlíti ki, és ezt utólag számolja el a mérlegkörrel.

2008. január 1-től megszűnt a közüzemi ellátás. A lakossági, ill. egyéb védendő vagy kis fogyasztású felhasználók ellátására „egyetemes szolgáltatók” jöttek létre a korábbi közüzemi szolgáltatók (az MVM és az áramszolgáltatók) utódaiként. Az egyetemes szolgáltatást hatóságilag szabályozott árak és árresek jellemzik.

Kötelező átvételi (KÁT) rendszer: a villamosenergia-törvény (VET) támogatja a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést, valamint a megújuló energiaforrások (szél, biomassa stb.) kihasználását:

- kötelező átvenni az így termelt villamos energiát,
- a termelők jelentős, kb. 12 Ft/kWh ártámogatást kapnak.

Vezetékfelügyelés (13 db) fő feladataik:

Állapotfigyelő és -felmérő, földi és helikopteres nyomvonal-bejárás:

- alaptestek helyzete, mezőgazdasági gépek okozta sérülései, földelőszalagok épsége,
- az oszlopból hiányzó rácsvasak felmérése,
- oszlopelem-deformáció, kihajlás felfedése,
- hiányzó azonosító és figyelmeztető táblák pótlása,
- kikötött portáloszlopnál a kikötő sodronyok épségének, feszességének ellenőrzése,
- törött, sérült szigetelők azonosítása, különösen zárlati működés után,
- áramvezetők állapota (nincs-e száltörés, -kisodródás, rezgéscsillapító, távolságtartó elcsúszás vagy hiány, túlzott belógás),
- áramvezetők kötéseinek melegezési ellenőrzése termovízióval, helikopterről,
- védővezető(k), OPGW (optikai szálas védővezető) állapota, (nincs-e száltörés, -kisodródás, rezgéscsillapító, elcsúszás vagy hiány, túlzott belógás), az OPGW kötődobozai épek-e,
- a telepített műfeszkek helyükön vannak-e,
- a nyiladékokat nem kell-e tisztítani (bozótirtás, fakivágás); nedves időben az akác képes 1 m-t nőni havonta,
- a feltárt kisebb rendellenességek azonnali kiküszöbölése, pl. a fázisvezetőt veszélyesen megközelítő fa azonnali kivágása,
- a biztonsági övezetben nem folyik-e tiltott tevékenység (pl. tarlóégetés, trágyarobbantás, engedély nélküli keresztezés, aláépítés),
- a tapasztalatok bevitele a WAM (Work and Asset Management) rendszer GPS alapú digitális adatrögzítőibe a későbbi irodai adatfeldolgozás céljára.

Munkaterület biztosítása az üzemi villamos berendezésben munkát végzők számára a következők szerint:

- a munkaterület kijelölése és munkavégzésre alkalmassá tétele feszültségmentesítéssel vagy anélkül,
- feszültségmentesített (az alállomási végpontokon kikapcsolt, kiszakasztott, leföldelt) távvezetéken az üzemszerűen feszültség alatt állt részeken vagy közelükben végzendő munka esetén a munkaterület előtt és mögött 1-1 készlet biztonsági földelés felrakása mindhárom fázisban (magán a munkaterületen a munkahelyi földelést a munkát végzőnek kell elhelyeznie),
- a munkaterület munkavégzésre átadása munkavédelmi oktatással,
- a munkavégzés során szükség szerint szerelési felügyelet adása,

- a munkavégzés befejezését követően a munkaterület visszavétele, a munkahelyi földelés eltávolításának ellenőrzése, a biztonsági földelések eltávolítása,
- mindezek dokumentálása.

A villamosenergia-rendszer üzemirányításának szintjei:

Felső szint: MAVIR ODSZ: a Hálózati Operatív Szolgálattal (HOSZ) mint üzemelőkészítővel együttműködve a villamosenergia-rendszer wattos és meddő teljesítmény-egyensúlyának biztosítása az erőművek vezénylése és az import-export szaldó előírt értékének betartása útján, valamint az átviteli hálózat üzemirányítása és távkezelése.

Középső szint: az elosztói engedélyesek (területi áramszolgáltató [mai szóval áramhálózati] társaságok) Körzeti Diszpécser Szolgálatok (KDSZ-ei): a 120 kV-os elosztóhálózat területi elvű üzemirányítása. 6 db KDSZ:

- RWE-ELMŰ (Budapest, BVT SZ), -ÉMÁSZ (Miskolc),
- E.ON-DÉDÁSZ (Pécs), -ÉDÁSZ (Győr), -TITÁSZ (Debrecen),
- ÉdF-DÉMÁSZ (Szeged).

Alsó szint: az elosztói engedélyesek Üzemirányító Központjai (ÜIK-i): a 35, 20 és 10 kV-os elosztóhálózat területi elvű üzemirányítása.

Alállomási diagnosztika

1. Olaj-papír szigetelésű berendezések állapotvizsgálata

Erőátviteli transzformátorok, söntfojtók, mérőváltók, csatolókonduktorok

– Általános olajvizsgálat: a legfontosabb jellemzők: átütési szilárdság (kV/cm), dielektromos veszteségi tényező (tgδ), víztartalom (ppm – parts per million parts).

– Olajban oldott gázok vizsgálata (hibagáz-analízis – HGA, dissolved gas analysis – DGA) gázkromatográffal

Az olajban oldott, a szigetelési állapot szempontjából fontos gázok és a belső hiba jellege, melyre jelenlétük utal:

- hidrogén, H₂ részkisülés, kis- és nagyenergiájú ív
- metán, CH₄ részkisülés, kis- és nagyenergiájú ív, melegpont
- etán, C₂H₆ részkisülés, kis- és nagyenergiájú ív, melegpont, t>700°C
- etilén, C₂H₄ kis- és nagyenergiájú ív, melegpont, 300<t<700°C, t>700°C
- acetilén, C₂H₂ nagyenergiájú ív
- szénmonoxid, CO cellulóz bomlása öregedés, kisülés vagy ív által

Az éghető gázok abszolút mennyisége, növekedési sebességük és egymáshoz képesti arányaik alapján sorolják **veszélyességi osztályba** az olajos berendezéseket; ettől függ a vizsgálat gyakorisága is: V0 megfelelő 0,5 év, V1 hibagyanús 2 hónap, V2 hibás 2-4 hét, V3 közvetlen üzemzavar-veszély azonnali kikapcs.

2. Nagyáramú kötések melegezési vizsgálata termovízióval

Mérési elv: a testek által az elektromágneses sugárzási spektrum 0,75-1000 µm-es tartományában kibocsátott infravörös (infrared, IR) sugárzás érzékelése és a sugárzási kép megjelenítése. Minél nagyobb az alkatrész hőmérséklete, annál világosabbnak látszik az alkatrész a termogrammon (az abszolút hőmérsékleti skálázás függ az infratelevíziós kamerának a számos érzékelési korrekciót figyelembe vevő szoftverjétől).

Az MVM meghatározta a rekonstrukció és a hálózatfejlesztés céljait:

- Minimális karbantartás igényű, nagy megbízhatóságú primer készülékek telepítése, a megszakítók oltóközege, SF6 gáz
- A primer séma tipizálása
- Digitális védelmi és irányítástechnikai rendszerek alkalmazása
- Nagy üzembiztonságú egyen és váltóáramú segédüzemek, szünetmentes ellátás kiépítése
- Új biztonsági filozófia: beléptető rendszer, őrző-védő rendszer, tűzvédelmi rendszer kiépítése
- Valamennyi beépített készüléket, berendezést, rendszert és alrendszert távkezelhetővé kell tenni
- Növelni a határkeresztező kapacitásokat és a hurkok számát

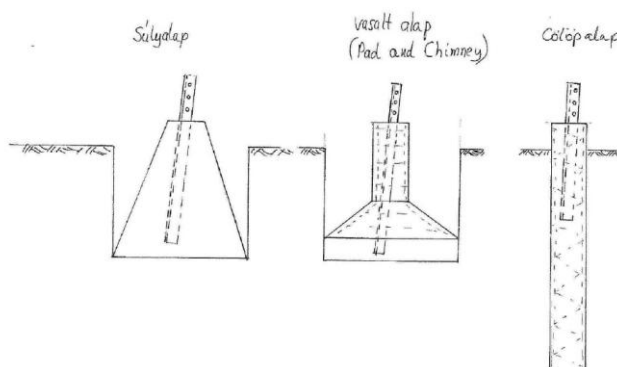
A távvezeték rekonstrukció célja: az élettartam és az üzembiztonság növelése

A jövőben célja lehet az átviteli kapacitás növelése is (pl. a távvezeték magasabb hőmérsékleten való üzemeltetésével és/vagy különleges sodronyok alkalmazásával)

Távvezeték oszlop:

Néhány .szokásos. alaptípus:

- Vasalás nélküli súlyalapok (50.-es évek)
- Vasalt tömbalapok (Pad&Chimney)
- Cölöpalapok (hagyományos és CFA)



Rekostrukció techológiája:

- A laza beton levésése
- A korrodált acél csomók megerősítése, korrózió védelme
- Zsaluzás, kötőhid (betonragasztó) felvitele, végül speciális betonnal való feltöltése
- A javítás módja a használható anyagok Törzskönyvben rögzítve vannak

Régi oszlopok korrózió védelmének helyreállítása:

- A régi oszlopok lehetnek festett vagy horganyzott oszlopok (90' évektől duplex korrózió védelem: horganyzott és gyártelepen festett)
- Mechanikus tisztítás, majd 3 réteg festése ecsettel
- A technológiát, anyagokat a Törzskönyv tartalmazza

Szigetelő és szerelvény rekonstrukció:

- Régi porcelán szigetelők cseréje nem szakadó szigetelőkre (kompozit szigetelők – mechanikai szilárdságot az üvegszál mag, a villamos szilárdságot a rugalmas szilikon bordák biztosítják összesítve)
- Kopó szerelvények cseréje (elsősorban oszlop-szigetelő közötti szerelvény)
- Köteg-távolságtartók cseréje (spacer damper – rezgéscsillapító betétes kötegelő)

Sodronyok, védővezetők rekonstrukciója:

- A ma használatos áramvezető sodronyok: pl:500/65 ACSR, 250/40 (Aluminum Conductor Steel Reinforced, áramvezető: alumínium mechanikai szilárdság: acél mag)
- áramvezetők rekonstrukciója – egyedi esetektől eltekintve - még nem indult meg, az áramvezetők jó állapotban vannak.

ATOMERŐMŰ, ERŐMŰ

(Atom)Erőmű építés:

- Fogyasztói súlypontban (a termelt villamosenergia elszállításának a kts.-e alacsony)
- Hűtővíz közelében (a frissvíz hűtés a legolcsóbb! 2000MW hűtővíz igénye több mint 100 köbméter/másodperc)
- A tüzelőanyag közelében (lignit, szén, szalma.)
- Atomerőmű esetén védőzóna igénye

Fűtőanyag:

- Ami az adott országban rendelkezésre áll és gazdaságosan kitermelhető. Ma már lényeges szempont a környezet kímélése! (CO₂)
- Ha energiahordozókban nem dúskálunk, próbáljunk meg több lábon állni!
- A fogyasztói ár és a szabályozhatóság is lényeges szempont az erőműpark kialakításánál

Biztonsági filozófia: A reaktor hűtését biztosító nagytérű csővezetékek töréséből származó üzemzavarok bekövetkezését is figyelembe kell venni. A csőtörés esetén kiszabaduló nukleárisan szennyezett gőz kijutását, vagy containment, vagy nedves kondenzációs megoldással kell megakadályozni és a reaktor lehűtéséről is gondoskodni kell.

Beruházás elindítása:

- Van-e igény a termékre, szolgáltatásra? Tíz évente duplázódott a vill. energia fogyasztás
- Versenyképes-e a termék? Gazdaságossági vizsgálat történt (Ft/kWh)
- Miből finanszírozzuk? Hitelt kértünk a szállítótól

Időadatok:

1964: felmerül az atomerőmű építésének lehetősége

1966: magyar-szovjet államközi egyezmény az atomerőmű létesítéséről

1967: a telephely kiválasztása, előkészítés, tervezés

1969: tereprendezési munkák végzése

1970: a kormány - a szénhidrogén program megvalósítása miatt - az építkezés elhalasztását határozza el

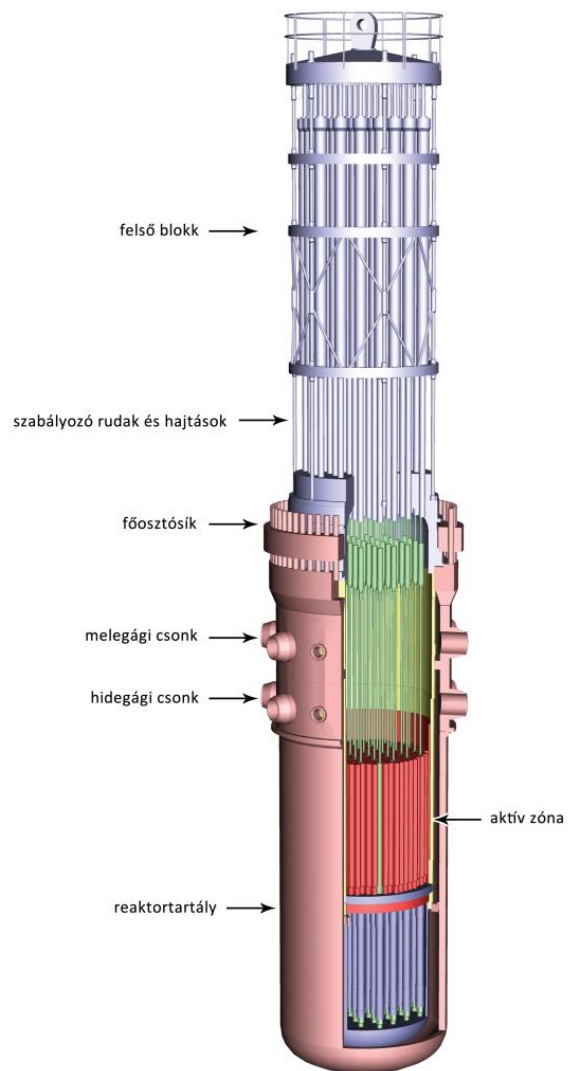
1973: nemzetközi olajválság

1974: döntés az építkezés folytatásáról, elkészülnek az 1.-2. számú blokk új műszaki tervei, megkezdődnek az üzemi főépület földkiemelési munkálatai

1975: az 1970-ben módosított államközi egyezmény ismételt módosítása, a négy blokk üzembe helyezési ütemének meghatározása

1976: megalakul a Paksi Atomerőmű Vállalat

1982. december 14. az 1. blokk indítása



VVER típusú reaktor felépítése

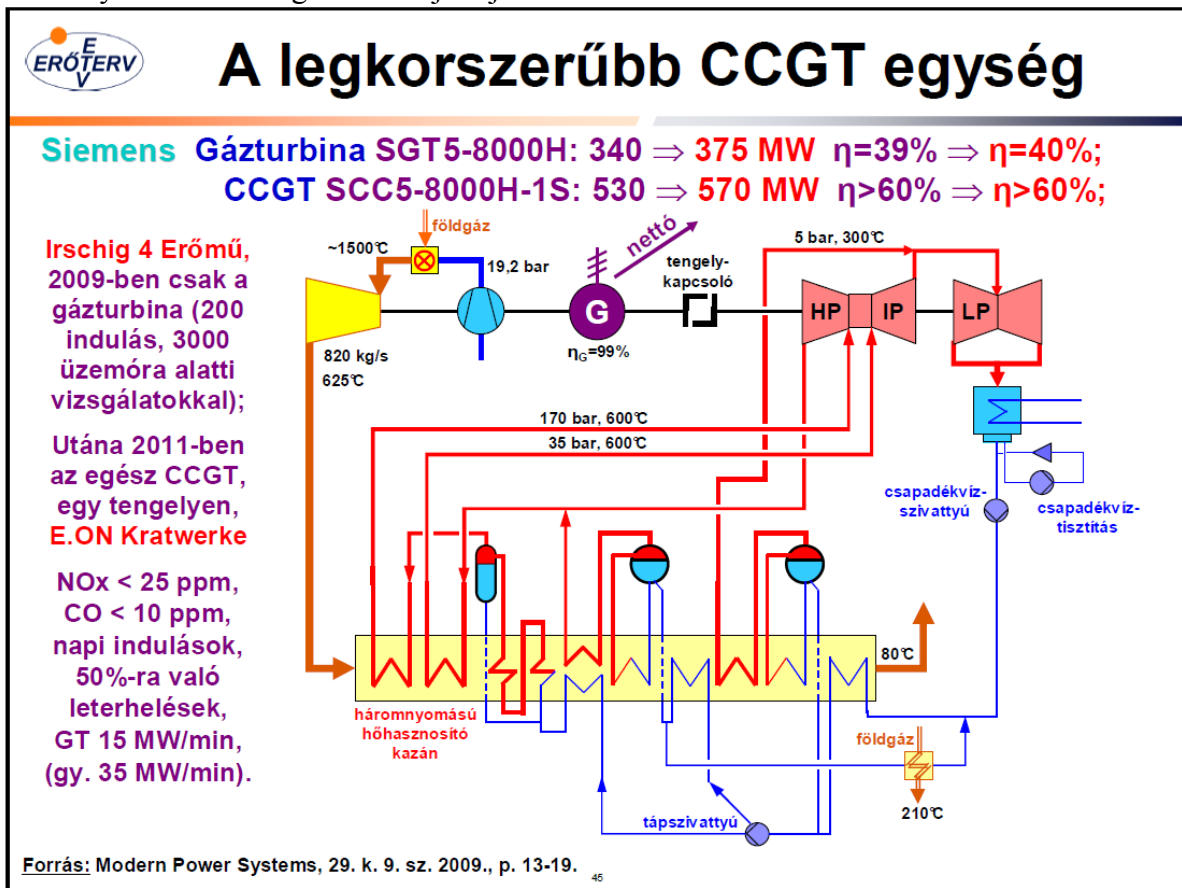
Az atomerőmű sajátosságai:

- Magas fajlagos beruházási költség
- Ebből következően nagy eszközérték
- Az állandó költségek aránya ~ 90%.
- Az üzemanyag költség ~ 10%.
- Működése eredményes ha a kihasználtsága 85% feletti
- Tervezett üzemideje 30-60 év.
- Magas biztonsági elvárások
- Kritikus megítélés, fokozott társadalmi elvárások

Az atomerőmű üzemeltetése egy optimalizálási feladat, amelynek célfüggvénye a biztonság, a gazdaságosság maximuma és a környezeti hatások minimuma. A dolgok objektív törvényszerűségei mellett ügyelni kell arra, hogy a társadalom egyre nagyobb beleszólást követel az ügyekbe jórészt szubjektív megítélés alapján.

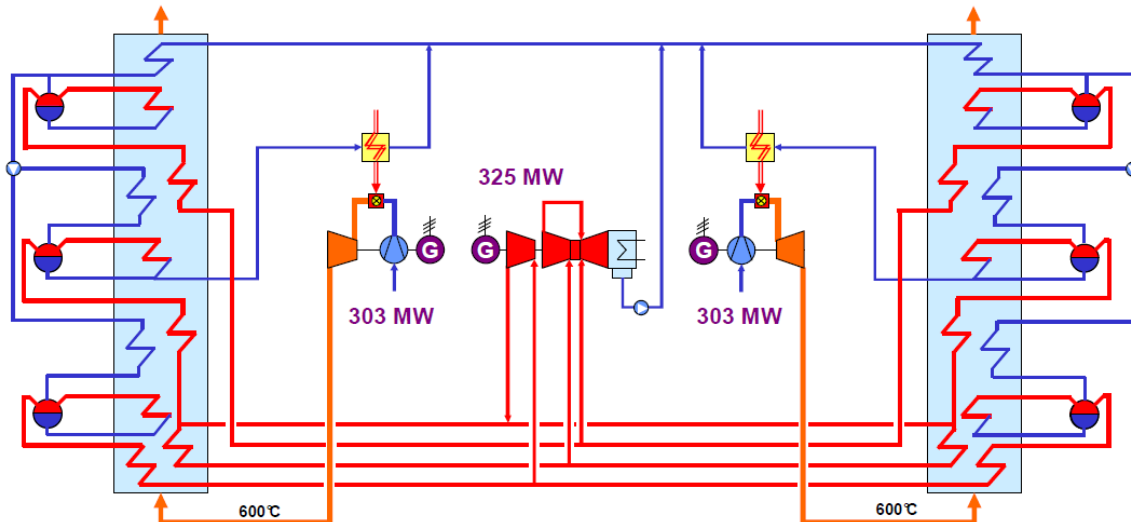
Miért indokolt tehát a paksi bővítés?

- környezetkímélő megoldás CO2 kibocsátás nélkül,
- sokéves paksi nukleáris tapasztalatokra épül,
- kipróbált, biztonságos erőműtípusok a piacon,
- hosszú távú fűtőanyag ellátás stabil országokból,
- építéséhez nem kell adóforint, költségvetési forrás,
- a Pakson termelt villany árelőnye továbbra is megmarad,
- térség/település/vállalkozásfejlesztési lehetőségek,
- munkahelyteremtés,
- a környék életminőségét tovább javítja.



Korszerű CCGT Törökországban

Bandirma (Törökország), a Márvány-tenger partján, 2xGT (M701F4, Mitsubishi), 1xDT (TC4Fx40,5), 3x420 MVA generátor, tengervíz-hűtéssel (20 m mélységből), nettó teljesítőképesség **918,6 MW**, nettó hatásfok **59%**, földgáz tüzelésével, kulcsrakész szállítással a szerződést 2008 januárjában írták alá a Konzorciummal.

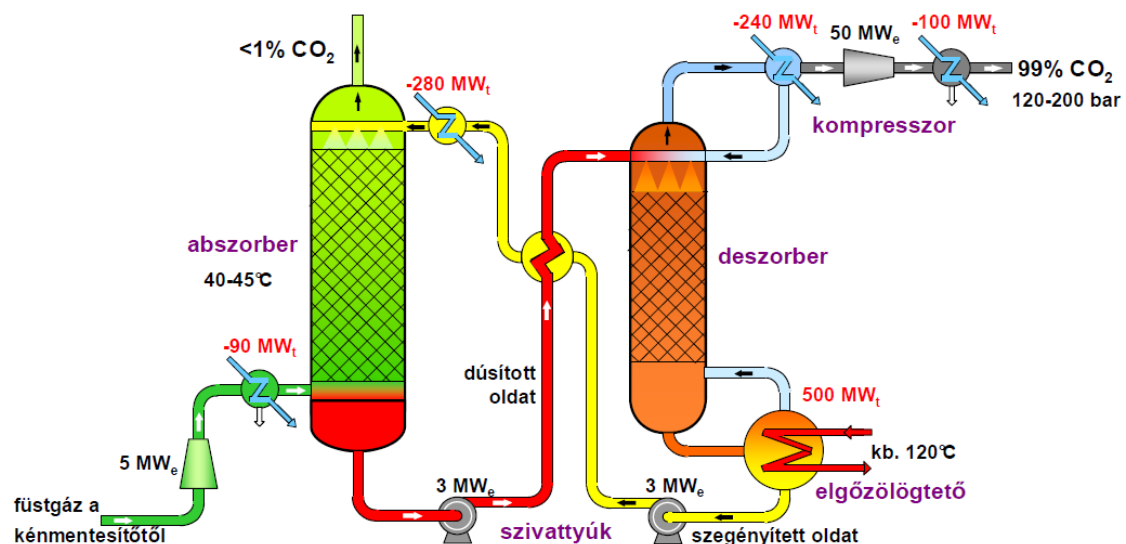


Forrás: VGB PowerTech, 89. k. 10. sz. 2009. p. 10.

46

Korszerű CO₂-kimosó szénerőművekhez

Német „Cooretec” fejlesztés (Siemens, E.ON, Staudinger 5 Erőműnél, kísérlet 2009-ben)
Egy 800 MW-os feketeszén-erőműhöz kialakított megoldás vázlatja az adatokkal



Előny a korábbi MEA (mono-etanol-amin) eljáráshoz képest: itt az aminosav sóját használják, és az energiafelhasználás egyharmaddal csökken (2,7 GJ/t CO₂-re), hatásfok-vesztés 11%-ról 9%-ra.

Forrás: Modern Power Systems, 29. k. 5. sz. 2009. május, p. 30. és BWK, 61. k. 6. sz. 2009. p. 28-29

46

750kV, ALBERTIRSAAAA

1. Gazdaságpolitikai háttér

A magyar gazdaságban az 1960-as években a villamosenergiaigényes iparágak (bányászat, kohászat, nehézipar, gépgyártás stb.) extenzív fejlődési szakaszukban voltak. Főleg emiatt a villamosenergia-fogyasztás többéves átlagban évi 7,2%-kal nőtt, azaz 10 évenként megkétszereződött.

Ezzel a növekedési ütemmel a mégoly erőltetett ütemű erőműépítés sem tudott lépést tartani, nem beszélve a csekély hazai energiahordozó-készletekről.

Megoldás: megnövelt villamosenergia-import (I 750 MW) az akkor egyedül szóba jöhető országból, a Szovjetunióból.

Az import villamosenergia-növekmény fogadására 1965-1968 között megépült a Mukacsevo/Munkács-Göd 400 kV-os távvezeték (természetes teljesítménye ~500 MW, a magyar szakasz hossza 260 km) és a 720 MVA 400/120 kV-os transzformációs kapacitású Gödi 400/220/120 kV-os alállomás. Ezzel Magyarországon is létrejött a 400 kV-os hálózat.

Miután 1969-ben a Paksi Atomerőmű első 440 MW-os reaktorblokkjának üzembe helyezését 1975-ről 1980 utánra halasztották, az energetikai távlati tervek az 1970-es évek végére - a Dunamenti Erőmű 1973-76 közötti 1290 MW-os bővítésének és a 860 MW-os Tiszai Erőmű 1977-78 közötti üzembe helyezésének ellenére - újra teljesítményhiányt jeleztek.

Megoldás: a villamosenergia-import újabb növelése 600 MW-tal, ismét csak a Szovjetunióból.

Mivel a szovjet fél ezt a magyar igényt a szomszédos nyugatukrajnai térségből már nem tudta kielégíteni, javasolta, hogy a meglévő Donbassz-Dnyepri-Vinnyica 750 kV-os összeköttetés nyugati irányú meghosszabbításával jöjjön létre az az „energiahíd”, amely egyrészt le tudja bonyolítani a 600 MW-os többlet magyar importot, másrészt nagy átviteli kapacitása révén biztosítani tudja a Szovjetunió 60 000 MW-os Déli Energiarendszerének és a KGST országok 100 000 MW-os rendszerének párhuzamos üzemét, szinkron együttjárását.

2. Általános Egyezmény a Vinnyica - Zapadnoukrainszkaja

(Szovjetunió) - Albertirsa (Magyarország) 750 kV-os villamos összeköttetés létesítésében való együttműködésről (1974)

1974. február 28-án Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország, a Német Demokratikus Köztársaság (az NDK) és a Szovjetunió meghatalmazott képviselői aláírták a Vinnyica - Zapadnoukrainszkaja - Albertirsa 750 kV-os összeköttetés létesítésében való együttműködésről szóló Általános Egyezményt. Ennek keretében

- **Magyarország 600 MW-tal, Csehszlovákia 200 MW-tal, az NDK 250 MW-tal** növeli importját a Szovjetunióból, és részesül a két nagy energiarendszer összekapcsolásának előnyeiből,
- Bulgária és Lengyelország részesül a két nagy energiarendszer összekapcsolásának előnyeiből.

A közös beruházásban létesülő 750 kV-os objektumok annak az országnak a tulajdonát képezik, ahol felépültek.

3. A SZU Déli ER és a CDU VERE összekapcsolásának előnyei

- Az egyesített nagy rendszer részrendszerei közötti, üzemzavar esetén fellépő több száz vagy ezer MW-os teljesítménylengéseket túlterhelés-védelmi kikapcsolódás nélkül elviseli a 4260 MVA termikus határteljesítményű 750 kV-os távvezeték, ezáltal a többlet import teljesítmény behozatala biztonságos. (Az 1970-1980-as években a szovjet import villamos energia olcsóbb volt, mint a legolcsóbban termelő hazai erőművé.)
- A párhuzamosan járó energiarendszerekben kevesebb tartalékteljesítményt kell tartani, mint a különjárókban: $Reserve (A+B) < Reserve A + Reserve B$
- A földrajzilag egymástól (több) ezer km távolságra lévő energiarendszerek egymáshoz képest időben eltolt terhelési menetrendjei kiegyenlítődnek:
 $Max (A+B) < Max A + Max B$

E kettő együtt a **rendszerközi hatás**; 1500 MW takarítható meg.

4. A magyarországi létesítmények beruházási javaslata

Az 1974. 08. 31-re elkészült beruházási javaslat a komplex állami nagyberuházás részeként a következő létesítményeket irányozta elő:

- (Zapadnoukrainszkaja-)Országhatár-Albertirsa 750 kV-os távvezeték
- Albertirsai 750/400 kV-os alállomás
- Albertirsa-Göd I-II. kétrendszeres 400 kV-os távvezeték (a II. rendszer közvetlenül csatlakozik a Göd-Léva távvezetékhez)
- A Gödi alállomás 400 kV-os kapcsolóberendezésének átrendezése
- Albertirsa-Martonvásár 400 kV-os távvezeték
- A Martonvásári alállomás 400 kV-os kapcsolóberendezésének bővítése
- A Martonvásár-Litér 400 kV-ra szigetelt, de 220 kV-on üzemelő távvezeték áttérítése 400 kV-ra
- A Litéri alállomás 400 kV-ra kiépített, de 220 kV-on üzemelő kapcsolóberendezésének áttérítése 400 kV-ra
- A Győr- Litér 400 kV-ra szigetelt, de 220 kV-on üzemelő távvezeték áttérítése 400 kV-ra
- A Győri 220/120 kV-os alállomás bővítése 400 kV-os kapcsolóberendezéssel
- Győr-Országhatár(-Podunajské Biskupice/Pozsonypüspöki) 400 kV-os távvezeték
- Paks-Sándorfalva 400 kV-os távvezeték
- Sándorfalvai 400/120 kV-os alállomás
- Infrastrukturális létesítmények (szállítás, kutatás, oktatás)
- {A Martonvásár-Paks-Toponár 400 kV-ra szigetelt, de 120 kV- on üzemelő távvezeték áttérítése 400 kV-ra}
- {Toponári 400/120 kV-os alállomás}

A két utolsó létesítmény pénzügyileg nem tartozott a 750/400 kV-os állami nagyberuházáshoz, de műszakilag igen.

A 750/400 kV-os állami nagyberuházás létesítményei

A létesítmények beruházási költségelőirányzata 1973. évi árszinten:

- 750 kV-os távvezeték 1430 millió Ft
 - Albertirsai 750/400 kV-os alállomás 1150 millió Ft
 - 400 kV-os létesítmények + infrastruktúra 2020 millió Ft
- Összesen 4600 millió Ft

Az állami nagyberuházás tényleges beruházási költsége a beruházás 1980. évi lezárásakor:

- 750 kV-os távvezeték 1100 millió Ft
- Albertirsai 750/400 kV-os alállomás 1700 millió Ft
- 400 kV-os létesítmények + infrastruktúra 2200 millió Ft

Összesen 5000 millió Ft

A magyarországi 750 kV-os létesítmények 2800 millió Ft-os tényleges beruházási költségeiből mintegy 1200 millió Ft-ot (kb. 43%-ot) részvételi hányaduk fejében a partner országok finanszíroztak!

5. A Minisztertanács 3297/1975. sz. határozata a magyarországi 750 kV-os és a kapcsolódó 400 kV-os létesítmények állami nagyberuházássá nyilvánításáról

A Nehézipari Minisztériumnak a beruházási javaslaton, illetve a KGST Villamosenergia-ipari Állandó Bizottsága által előkészített Általános Egyezményen alapuló előterjesztésére a Minisztertanács 3297/1975. sz. határozatával **állami nagyberuházássá** nyilvánította a 750 kV-os összeköttetést és a kapcsolódó 400 kV-os létesítményeket. Ez az akkori beruházási túlkereslet mellett némi lebonyolítási könnyebbséget jelentett. Pl. a határozat kijelölte a fő gyártókat, kivitelezőket, ezzel pedig együtt járt a szerződéskötési kötelezettség. (Ennek dacára pl. az Albertirsai alállomás 2100 t tömegű 750 kV-os portálszerkezeteinek gyártóját, illetve építőipari generálkivitelezőjét a Legfelsőbb Bíróságnak másodfokú ítéletével kellett köteleznie arra, hogy elvállalja és határidőre teljesítse munkarészét.)

6. A műszaki tervezés folyamata

6.1. Az *Energoszetyprojekt 750 kV-os rendszertervei és szerkezeti mintatervei*

- Teljesítményáramlási és -eloszlási számítások.
- A rendszerközi hatás országok közötti megoszlásának számítása.
- A többletimport és a rendszerközi hatás megoszlása alapján a résztvevő országok beruházási és üzemeltetési költségekből való részvételi hányadának számítása.
- A 750 kV-os távvezeték fő geometriai és villamos jellemzői (oszlopkép, fázistávolság, oszlopköz, legkisebb föld feletti magasság [összefüggésben a megengedhető villamos térerősséggel és a veszélyes övezet kiterjedésével], szigeteléskoordináció [légköri, kapcsolási hullámú és ipari frekvenciás próbafelesültségek], fajlagos induktív és kapacitív reaktancia).
- Az alállomás 750 kV-os kapcsolóberendezésének elvi sémája (másfélmegszakító, kéttranszformátoros, első kiépítésében a transzformátorok szakaszolón keresztül csatlakoznak a 750 kV-os gyűjtősínhez).
- A 477 km hosszú 750 kV-os távvezeték 1100 Mvar kapacitív meddő teljesítményének kompenzálása mindkét végen 2-2 (összesen 4) készlet, közvetlenül a távvezetékre kapcsolódó söntfojtóval.
- A védelmi és üzemzavari automatikai rendszer felépítésének irányelvei.
- A távvezeték védővezetőinek felhasználása nagyfrekvenciás jelátviteli útként.

6.2. A hazai műszaki kiviteli tervezés (B tervezés)

A kijelölt generáltervező az Erőmű- és Hálózattervező Vállalat volt.

- A 750 kV-os távvezeték műszaki kiviteli terveinél figyelembe vették a szovjet mintatervek jellemzőit, de a fő műszaki megoldások magyar szellemi termékek voltak. Pl. a nagy helyigényű 3 db egytörzsű feszítőoszlop + 1 db egytörzsű segédoszlop helyett 1db egytörzsű feszítőoszlopot terveztek, hogy minél kevesebb jó termőföldet foglaljon el. Szovjet rendszerű 3+1 törzsű feszítőoszlop:

A magyar tervezésű távvezeték-szerelvények jobban csökkentik a szigetelőlánc fázisvezető felőli vége körüli villamos tér inhomogénitását, mint a szovjet szerelvények. A magyar feszítőoszlopok függesztett segédláncain könnyebb feszültség alatt munkát végezni, mint a 3+1 törzsű szovjet feszítőoszlopok áramkötéseit a szomszédos fázisú egytörzsű oszlopokhoz kihorgonyzó ferde segédláncokon.

A 750 kV-os távvezeték magyar szakaszának tervezése

Nyomvonaltervezés: Változatok egyeztetése nagyságrendben 100 hatósággal, gazdálkodó szervezettel, keresztezendő nyomvonalas létesítmények tulajdonosaival, üzemeltetőivel, illetve a távvezeték biztonsági övezete által érintett, több ezer ingatlantulajdonossal.

Oszlopkiosztási terv készítése az egyeztetett, elfogadott nyomvonalra, ennek alapján **vezetékjogi engedélyezési terv** készítése.

Hosszszelvény terv készítése a teljes nyomvonalra, amely a terepalakulatok és az alsó áramvezető megengedett legkisebb föld feletti magasságának figyelembe vételével meghatározza az oszlopmagasságot és a legnagyobb belógást.

Oszlopok szerkezeti tervezése az erőtani adatok (tömegerők, vezetékfeszítés, szélteher, dinamikus erők, pl. zárlat, szakadás) és a szigetelési követelmények (fázistávolság, szigetelőlánc hossz, összelengés, felcsapódás) alapján.

Keresztezési tervek készítése: más nyomvonalas létesítmények (közút, vasút, villamosított vasút, hajózható vízfolyás, kőolaj-, földgáz- és termékvezeték, távközlő vezeték, mikro-hullámú összeköttetés, átviteli és elosztóhálózati villamos erőátviteli távvezeték [szabadvezeték és kábel]) távvezeték általi keresztezésére keresztezési tervet kell készíteni, és azt jóváhagyatni a keresztezett létesítmény tulajdonosával, üzemeltetőjével.

Befolyásolási tervek készítése: a távvezetékkel hosszabb- rövidebb szakaszon párhuzamosan haladó, léges vagy kábeles távközlő vezeték a nagyfeszültségű távvezeték kétféle módon befolyásolhatja, amit számítani, illetve mérni kell:

- állandósult állapotban zúgászavar-feszültséget indukálhat a távközlő vezetékben (zavartatás),
- földrövidzárlatkor a távvezeték fázisvezetőjében, illetve a földben folyó zérus sorrendű zárlati áram veszélyes nagyságú feszültséget indukálhat a távközlő vezetékben (veszélyeztetés).

Az Albertirsai alállomás műszaki kiviteli tervezése ■ Építész kiviteli tervezés

A mélyépítési munkarészek (területkitűzés, durva- és finomtereprendezés, földelőháló) és **műtárgyak** (transzformátor- és készülékszállító utak, portál-, transzformátor- és készülékalapok, kábelalagutak és -csatornák, ivóvíz-, szennyvíz- és tűzvíz-hálózat), valamint

a magasépítési objektumok (felvonulási, vezénylő-, segédüzemi épületek, kompresszorház, tűzvíz-medencék, -szivattyúház és -szelepházak, 750 és 400 kV-os portálok, térvilágítási oszlopok, transzformátor- és söntfojtó-vagyonvédő falak, víztorony, kerítés)

építész kiviteli tervei alkalmasak voltak a közvetlen gyártásra, illetve kivitelezésre, azaz a gyártóknak, kivitelezőknek már nem kellett további részletes műhelyterveket készíteniük.

Az építész kiviteli tervek konkrét értelmezését és a munkaszervezést segítette az **organizációs eljárás.**

- Villamostechnológiai műszaki kiviteli tervezés (B tervezés)

Az Erőterv által készített villamostechnológiai elrendezési (diszpozíciós) tervek közvetlenül alkalmasak voltak a 750 kV-os primer készülékek, gyűjtősínek, sodronyok felszerelésére és a 230/40 baros légszolgáltató berendezés kiépítésére. A 750 és 400 kV-os, valamint a segédüzemi kapcsolóberendezések működtetésére, jelzésére, mérésére, védelmére, jelátvitelére az Erőterv **áramutas elvi kapcsolási terveket** készített.

- Villamostechnológiai szerelési kiviteli tervezés (C tervezés)
Az áramutas elvi kapcsolási tervekből a szekunder szerelést végző **Vertesz** (Villamos Erőmű Tervező és Szerelő Vállalat) **szerelési kiviteli terveket** készített, amelyek meghatározták a primer és szekunder készülékek közötti, valamint az egyes szekunder készülékek közötti kábelezési, huzalozási kapcsolatokat (pl. az áramváltó 1k szekunder kapcsát milyen jelű kábel hányas ere kösse össze a távolsági védelem melyik kapcsával)
- Villamostechnológiai megvalósulási (as built) tervezés (D tervezés)
A szerelés és az üzembe helyezés során végzett javítások, módosítások keresztülvezetése a C terveken. Az üzemeltetés és a későbbi felújítás, bővítés tervezése a D tervek alapján történik.
Ha eltakart műtárgyaknál (pl. alapozásnál) térnek el az építész kiviteli tervtől, akkor az eltérést e terven is keresztül kell vezetni.

7. A 750 kV-os távvezeték építése

7.1. A 268 km-es magyar szakasz anyagmennyiségei:

- Előregyártott és monolit vasbeton alapok 17 500 m³
- 687 db tűzihorganyzott, rácsos acéloszlop 11 300 t
76 db egytörzsű, osztottlábú feszítőoszlop 544 db kikötött portál tartóoszlop 67 db önhordó portál tartóoszlop
- Fázisonként 4^{500/65} mm² alumínium-acél (ACSR- aluminium conductor steel reinforced) áramvezető 6 400 t
- 2x95/55 mm² ACSR védővezető 400 t
- 210, illetve 120 kN törőerejű egysapkás edzett üvegszigetelő 225 000 db

A **távvezeték fajlagos tömege** 11 300 t acél/6 400 t ACSR áramvezető = 1,77 tonna acél/tonna ACSR (jobb megjegyezhetőség végett **~V3 kg acél/kg ACSR**). Könnyű szerkezet!

7.2. A távvezeték-építés munkaműveletei

7.2.1. Nyomvonalkitűzés: a vezetékjogi engedélyezési tervek alapján minden egyes oszlophely kitűzése földmérési módszerrel és eszközzel.

7.2.2. Oszlopalapozás

Gödörásás: függőleges oldalfalú, vízszintes fenekű munkagödör ásása hidraulikus markolóval. Földvisszatöltés: az alaptestek szintezett, kis távolságtűrésű beemelése, illetve a monolit vasbeton súlyalapok elkészítése után ugyanazzal a markolóval; földtömörítés: 20 cm- es rétegenként, robbanómotoros dögölővel („békával”). Kikötött portál tartóoszlop: Nyomott láb: előregyártott vasbeton gombaalap. Húzott kikötősodrony: előregyártott vasbeton horgonylemez, a földfelszín fölé nyúló 2 db kétszemes, kátránnyal és öntapadó műanyag szalaggal felületvédett horgonyrúddal.

Amikor a kikötött portál tartóoszlop alapozása elkészült, mm pontossággal felmérték a nyomott és húzott alapok térbeli elhelyezkedését, majd (kezdetleges) számítógépes programmal meghatározták a markolóprézés végszerelvényű kikötősodronyok hosszát.

Minden egyes alaptest köré 0 20 mm-es köracél-keretföldelő került, amelyet az oszlopszerkezethez 50x4 mm-es tűzihorganyzott földelőszalaggal csatlakoztattak.

Az 544 db kikötött portál tartóoszlophoz felhasználtak

- 1088 db (270 vagon) előregyártott vasbeton gombaalapot,
- 1088 db (270 vagon) előregyártott vasbeton horgonylemezt,
- 2176 db kétszemes horgonyrudat,
- 2176 db (egyenként ~40 m-es, összesen kb. 87 km) 350 mm² keresztmetszetű, egy réteg korrózióvédő alumíniumhuzalbevonatú acél kikötő-sodronyt.

Önhordó portál tartóoszlop: 2x4 db monolit vasbeton súlyalap. Osztottlábú feszítőoszlop: 4 db monolit vasbeton súlyalap. A monolit alaptestekbe bebetonozott oszlopcsomók egymáshoz képesti távolságát és állásszögét beállítókeret biztosította.

A képen a 750 kV-os távvezeték, valamint a Sajószöged-Debrecen 220 kV-os és a Sajószöged-Debrecen 2 400 kV-os, de 220 kV-on üzemelő távvezetékek keresztezésének részlete látható, Sajószöged felől Debrecen felé nézve.

Figyelmet érdemel az önhordó portáloszlop gerendájának Debrecen felőli végétől a Sajószöged-Debrecen 220 kV-os távvezeték alacsony feszítőoszlopjának csúcsára feszített, 3 db légi akadályjelző gömbös OPGW.

Figyelemre méltók az oszloptörzsre megkerülő áramkötésekre felszerelt potenciálvezérlő gyűrűk: nélkülük az áramkötések az oszloptörzs közelsége miatt a nagyminta kísérletnél erősen sugároztak; velük nem. Oka: a gyűrűk ugyan csökkentik az áramkötések és az oszloptörzs közötti távolságot, de jelentősen homogenizálják a villamos teret, azaz csökkentik az áramvezetők felületén a térerősséget, így az a kritikus érték alatt marad. (Dr. Csikós Béla ötlete)

Az oszlopok előszerelése a földön:

- Mindhárom oszloptípus tűzihorganyzott L- és U-acélokból, valamint csomólemezekből álló, hegesztett, illetve csavarozott rácsos szerkezet.
- A kikötött portál tartóoszlopok 1x1 m keresztmetszetű, ~35 m hosszú lábai 3db hegesztett szakaszból vannak összeállítva, csomólemezes, csavaros kötéssel.
- Mindkét fajta tartóoszlop 1 x2 m keresztmetszetű, 35,6 m hosszú gerendája 2x3 db függőleges síkú, hegesztett rácsos lapból és közéjük csavarozott, vízszintes szögacél rácsrudak- ból van összeállítva.
- A feszítőoszlopok törzsét a nyomvonalirányú függőleges szimmetriasík mentén osztott, a földön összeszerelt két félből 2 db autódaruval billentették össze, majd a két felet csomólemezekkel csavarozták egygé. A külön összeszerelt karokat és az oszlopfelsőrészt daruval emelték hozzá a kész törzshöz
50 t tömegű, helyszínen kompletten összeszerelt 750 kV-os feszítőoszlop hárombikás állítása

7.2.4. Vezetékszerelés

Oszlopköz: két szomszédos oszlop közötti távolság [m]. Átlagos oszlopköz: 268,1 km/687 oszlop = 390 m. Feszítőköz: két szomszédos feszítőoszlop közötti távolság [m]. Átlagos feszítőköz: 268,1 km/77 db feszítőköz = kb. 3,5 km. **A vezetékszerelés**

sémája:

Jobboldalt az előkötél-húzó csörlő és az előkötél-felcsévélő. Baloldalt az áramvezető sodrony kábeldobjai és a fékezőgép.

A fázisvezető

- 4x 500/65 mm²-es kötegvezető, 600 mm köteg-távolsággal,
- legkisebb föld feletti magassága 60°C vezető-hőmérsékletnél 10,5 m,
- legnagyobb húzófeszültsége pótteherrel 80 N/mm², azaz 4x565 mm²x 80 N/mm² = 181 kN (kb. 18 tonna).

A négyes kötegvezető szálainak szél általi összecsavarodását átlagosan 70 m-enként felszerelt távolságtartó-léc csoportok akadályozzák meg (összesen 60 000 db távtartó lécc).

Szigetelőláncok

Kettős tartóláncok 2x44 db 120 kN szakítóerejű egysapkás üvegszigetelőből.

Hármas feszítőláncok 3x37 db 210 kN szakítóerejű egysapkás üvegszigetelőből.

A 750 kV-os kapcsolóbe-^{750 kV-os} állomási portál állítása rendezésben 3 féle portál épült:

- 18 db 33,5 m magas mezőportál,
- 9 db 29 m magas keresztcsín-portál,

- 10 db 23,5 m magas gyűjtősín-portál.

Fázistávolság

- a portálokon 16 m,
- a készülékek között 12 m

11. Az Albertirsai alállomás 750 kV-os primer főberendezései

Nagynyomású (40 baros) száraz levegő szigetelésű és hajtású 750 kV-os megszakító, fázisonként 6 db oltókamrával, $I_{n\acute{e}vl}= 3200$ A, $I_z= 40$ kA, $t_{ki}= 40$ ms

750 kV-os kaszkád típusú, olajszigetelésű áramváltó; a felső fokozat áttétele 4000-2000/20 A, az alsó fokozaté 20/1/1/1/1 A.

A fázisonként 4 db készüléktartó vasbeton oszlop az alapgödörben zsaluzott monolit vasbeton alaptest 4 db, 1 m mély fészkebe van beállítva, majd szintezés után körbeöntve.

Az oszlopok tetejét szögvas-korona zárja le, ehhez van hegesztve a vízszintes talpsíkot biztosító 4 db „papucs”.

750 kV-os, 110 Mvar meddő teljesítményű egyfázisú söntfojtó; mögötte: 750 kV-os túlfeszültség-levezető.

Balra a tágulóedény: felmelegedéskor a kazánban lévő olaj ide tágul, lehüléskor innen pótlódik, hogy a kazánban ne lehessen se túlnyomás, se vákuum, s a tekercs mindig olaj alatt legyen.

A 270 t szállítási tömegű 750/400 kV-os egyfázisú főtranszformátor szállítása 320 t teherbírású, 20 tengelyes, 160 kerekes közúti szállító kocsival és 2 db 450 LE-s vontatóval

A fázisonkénti tokozású másfélmegszakítós mezősor 7 db, egymástól nyomásálló poliamid tárcsaszigetelővel elválasztott gáztérből áll (pl. a 3. mezősor R fázisában):

- **3/I/R gáztér:** 3BS/R szakaszoló + 3BFS/R földelőszakaszoló, 3BAV/R áramváltó
- **3/II/R gáztér:** 3BT/R megszakító
- **3/III/R gáztér:** 3BÖAV/R áv., 3BÖS/R szak. + 3BÖFS/R fsz., 3BFV/R feszültségváltó, 3ÖBS/R szak. + 3ÖBFS/R fsz., 3ÖBAV/R áv., 3BVS/R vonali szak. + 3BVFS/R vonali gyorsföldelő, 3BASZ/R SF₆-levegő átvezető-szigetelő
- **3/IV/R gáztér:** 3ÖT/R megszakító
- **3/V/R gáztér:** 3ÖBAV/R áv., 3ÖKS/R szak. + 3ÖKFS/R fsz., 3KÖAV/R áv., 3KÖS/R szak. + 3KÖFS/R fsz., 3KfV/R feszv., 3KVS/R vonali szak. + 3KVFS/R von. gyf., 3KASZ/R átv. szig.
- **3/VI/R gáztér:** 3KT/R megszakító
- **3/VII/R gáztér:** 3KAV/R áv., 3KS/R szak. + 3KFS/R fsz.

12. Az Albertirsai alállomás szekunder berendezései 12.1. Relévédelem, automatika és irányítástechnika 750 kV-os távvezeték

I. rendű alapvédelem: NDZ-750 típ. negatív sorrendű teljesítményirány- és fáziskülönbözeti védelem, vivőfrekvenciás összeköttetéssel, az aszimmetrikus fáziszárlatok (2F) és földrövidzárlatok (1FN, 2FN) késleltetés nélküli megszüntetésére.

II. rendű alap- és fedővédelem: DZ-750 típ. lépcsős jelleg- görbájú távolságvédelem, vivőfrekvenciás összeköttetéssel, a fáziszárlatok (2F, 3F) késleltetés nélküli megszüntetésére.

II. rendű alap- és fedővédelem: OTZ-750 típ. irányított négylépcsős zérussorrendű túláramvédelem, az első két fokozat vivőfrekvenciás összeköttetéssel, a földrövidzárlatok (1FN, 2FN) megszüntetésére.

APV-750 fáziskiválasztó és visszkapcsoló automatika: **a**

zárlatos fázis kiválasztásához és a kikapcsolt megszakítófázis visszkapcsolásához.

Kétlépcsős feszültségnövekedési védelem: I. fokozata bekapcsolja a kikapcsolt söntfojtót; ha a feszültség nem csökken, a II. fokozat kikapcsolja a távvezetékét. **Nem**

teljes fázisú üzem elleni védelem: ha a háromfázisú BE parancsot nem hajtja végre a megszakító mindhárom fázisa, hanem 1 vagy 2 fázisa „kiragad”, vagy mindhárom fázisában bekapcsolt megszakító 1 vagy 2 fázisa védelmi KI parancs nélkül kikapcsolódik, akkor a védelem a BE helyzetű fázist (fázisokat) kikapcsolja.

Gyűjtősínvédelem: a gyűjtősíneken keletkező mindenfajta zárlatra pillanatkioldást ad és tiltja a visszakapcsolást.

Megszakítóberagadás-védelem: ha a megszakító nem hajtja végre a védelmi KI parancsot, akkor a beragadásvédelem kikapcsolja a beragadt megszakítóval azonos gyűjtősínre csatlakozó összes többi megszakítót. **Zavaríró:** analóg vagy digitális formában rögzíti az elektromágneses tranziens jelenség lefolyását és a védelmi jeleket.

Aszinkronjárás elleni védelem: megfelelő helyen bontja az együttműködő energiarendszerek párhuzamos üzemét, ha a stabil üzem megbomlásának veszélye esetén a szovjet rendszerben felszerelt rendszerbontó automatikák (D1, D2, D3) működése elmaradna.

750 kV-os söntfojtó Alapvédelem: a 750 kV-os, illetve a csillagponti átvezető- szigetelő áramváltóra telepített differenciálvédelem és gáz- (Buchholz-) védelem a belső zárlat megszüntetésére. **Tartalékvédelmek:** zérus sorrendű túláramvédelem, hőfokvédelem, a 750 kV-os átvezető-szigetelő szigetelési állapotát ellenőrző készülék (KIV).

750/400 kV-os transzformátor Alapvédelem: differenciálvédelem és 2 db gázvédelem, a szabályozótranszformátor fokozatkapcsolóján nyomásrelé is. **Tartalékvédelmek:** Z< védelem, olaj- és tekereshőfok-véd.

A védelmek jelzései a szekunder rekonstrukció óta korszerű irányítástechnikán (mezőgépek, fejtég, MMI [man-machine interface]) keresztül jutnak el a MAVIR távkezelő központjába. A távkezelő diszpécser kapcsolási parancsai ugyanilyen úton jutnak el a helyszíni készülékekhez.

12.2. Távközlés

Védelmi és irányítástechnikai célú: Zapad irányban: TVF (távvezeteki vivőfrekvenciás) összeköttetés a 750 kV-os távvezeték fázisvezetőin; OVT (Országos Villamos Teherelosztó), jelenleg MAVIR irányban: mikrohullámú lánc, illetve optikai kábeles hálózat.

Beszédátvitel-célú: Zapad irányban: TVF összeköttetés a 750 kV-os távvezeték szigetelt védővezetőin; OVT-MAVIR irányban: mikrohullámú lánc, illetve optikai kábeles hálózat. A 750 kV-os távvezeték egyik szigetelt védővezetőjét néhány éve szigeteletlen OPGW-re cserélték.

12.3. Elszámolási mérés

- **Elektronikus főmérő** a 750 kV-os távvezeték **wattos** energiaforgalmának kétirányú (ad, vesz), három tarifazónás (nappal, csúcs, éjjel), 0,2 osztálypontosságú mérésére, a félórás átlagteljesítmény nyomtatóműves regisztrálásával.
- Elektronikus ellenőrző mérő: **a főmérő duplikálása.**
- **Elektronikus mérő** a 750 kV-os távvezeték **meddő** energiaforgalmának kétirányú, négy térnegyedes, három tarifazónás mérésére.
- **Elektromechanikus háromtarifás I^2h mérő** a 750 kV-os **távvezeték** magyar szakaszán fellépő **soros veszteségenergia** kiszámításához, a félórás átlagos veszteségteljesítmény nyomtatóműves regisztrálásával.
- **Elektromechanikus háromtarifás I^2h mérő** a 750/400 kV-os **transzformátorban** fellépő **soros veszteség-energia** kiszámításához, a félórás átlagos veszteségteljesítmény nyomtatóműves regisztrálásával.
- Elektromechanikus háromtarifás U^2h mérő **a 750/400 kV- os transzformátorban fellépő vasvesztés-energia** kiszámításához.

- *Elektromechanikus háromtarifás I^2t mérő a 750 kV-os söntfojtó párhuzamos (vas- és réz-) veszteség-energiájának kiszámításához.*

A távvezeték, a transzformátorok és a söntfojtók veszteségenergiáinak kiszámítása a 750 kV-os összeköttetés üzemeltetési költségeinek az Általános Egyezményt aláíró hat ország közötti felosztásához szükséges.

A segédüzemi ellátás fő berendezései

- Az alállomás váltakozó áramú segédüzemének fő berendezése a vezénylőépület emeleti kapcsolóterében lévő 14 mezős, középen osztott egy-gyűjtősínes 10 kV-os tokozott kapcsolóberendezés.
- Fő (üzemi) betáplálás: 1STR, 2STR 15/10 kV-os, 4 MVA-es transzformátorok.
- Tartalék betáplálás: a Monor és a Cegléd 20 kV-os helyi vezetésekről táplált 5STR, 6STR 20/10 kV-os, 1 MVA-es transzformátorok.
- 0,4 kV-os központi segédüzemi főelosztó (betáp.: 11, 12STR).
- I. 750/400 kV-os tr. 0,4 kV-os sü. elosztó (3, 4STR).
- II. 750/400 kV-os tr. 0,4 kV-os sü. elosztó (7, 8STR).
- Kompresszorházi 0,4 kV-os sü. elosztó (9, 10STR).
- Tűzvíz-szivattyúházi 0,4 kV-os sü. elosztó (13STR).
- Az elosztók egyik táptr.-a a GY1, a másik a GY2 sínfelre csatl.

14. A 750 kV-os összeköttetés üzembe helyezési programja, a vizsgálatok tudományos eredményei 1978. 11. 04. Az Országhatár-Albertirsa 750 kV-os távvezeték szakasz és az albertirsai 750 és 400 kV-os kapcsolóberendezések első feszültség alá helyezése a Dunamenti Erőmű VIII. sz. 215 MW-os blokkjával a Dunamenti 220 kV - Zugló 220 kV - Göd 220/120 kV, 120/400 kV - Albertirsa 400/750 kV útvonalon, ködben, szitáló esőben, 750 kV-on 1 óra időtartamra, majd 860 kV-on 1 percig. A 750 kV-os távvezeték szakasz sugárzási vesztesége 750 kV-on 36 MW, 860 kV-on 54 MW volt.

1978. 12. 04. A Zapadnoukrainszkaja-Albertirsa 750 kV-os távvezeték és az Albertirsai alállomás első együttes feszültség alá helyezése mindkét oldal felől.

1979. január. A Szovjetunió Déli Egyesített Energiarendszere és a CDU VERE összekapcsolása a 750 kV-os távvezetéken keresztül.

Az üzembe helyezési program fő részei:

- Tranziens üzemállapotok vizsgálata a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosművek Tanszékének tranziens hálózati analizátorával (TNA - transient network analyzer) és a valóságban.
- Rákapcsolás az Albertirsai alállomáson kiképzett fémes zárlatra, mely a fémszál elgőzölgésével íves zárlatba megy át; eközben a védelmek működésének ellenőrzése.
- A 750 kV-os söntfojtó szikrabekapcsolásának kiváltása.
- A söntfojtó csillagponti fojtójának hatása az EVA holtidőben fellépő szekunder ív időtartamára, ezáltal az egyfázisú gyorsvisszakapcsolás sikerességére.
- A 750/400 kV-os transzformátor bekapcsolási áramlökésekének mérése mindkét oldalról történő bekapcsoláskor.
- Gyors tranziens túlfeszültségek 400 kV-os SF₆ szakaszolónál.
- Rendszerközi teljesítményeloszlási mérések.

15. A 750 kV-os összeköttetés üzemvitele

16. Rendszerüzemzavarok

Amíg a szovjet Déli EER és a CDU VERE külön járt, az üzemzavarok uralhatók voltak verbális diszpécseri utasításokkal. A 750 kV-os távvezetéken keresztüli egyesítéssel létrejött 160 000 MW-os energiarendszerben megnöttek a CDU tagországokba irányuló szállítások, amelyek a viszonylag gyenge szovjet belső hálózaton diszpécseri beavatkozással nem uralható veszélyes túlterhelődéses üzemállapotokat okoztak. Ezek

elkerülésére hálózatbontási helyeket határoztak meg, amelyeken egy megszakító (pl. egy sínáthidaló) kikapcsolásával lehetett az egyes hálózatrészeket egymástól elválasztani.

A túlterhelődés helyétől függően háromféle (D1, D2, D3) met- székbomlás fordult elő. Ezek az import több száz MW-os csökkenését és a rendszerközi hatás realizálásának szünetelését okozták.

Metszékbomláskor a CDU VERE frekvenciája 49 Hz alá esett.

17. Távvezetési és alállomási üzemzavarok

A FAM segítségével sikerült elkerülni, hogy az üvegszigetelők 0,1%/év öntörése (~225 db/év!!) távvezetési üzemzavart okozzon.

Az Albertirsai alállomás jellegzetes üzemzavarai:

- 1981. 07. 04-én gyártóművi szigeteléstechikai hiba miatti belső zárlat következtében felrobbant és kigyulladt a 750 kV- os 7SF söntfojtó T fázisa. A maradványok vizsgálata feltárta a hiba okát. Ennek alapján a szállító mind a 6 üzemi + 1 tartalék fázist kicserélte javított szigetelésűekre.
- Többször előfordult, hogy kikapcsoláskor a 750 kV-os megszakítók oltókamrájában a besütött gumi szeleplék nem bírta el a rá záródó ellendarab dinamikus felütkezését, a gumi egy része kiszakadt, és a 40 baros oltókamra-levegő kifúj. Sikerült jó minőségű hazai gumijúra cserélni a szelepléket.
- VFT a 400 kV-os SF₆-os szakaszolókbán.

18. Energiamérleg, költségek

Az üzem első 15 éve alatt a 750 kV-os összeköttetésen keresztül 100 milliárd kWh villamos energiát importáltunk a volt Szovjetunióból, átlagosan fele annyért, mint a hazai termelői átlagár.

A 3,8 mrd Ft-os hazai beruházási ráfordítás 15 év alatt kereken 30-szor ennyi jövedelmet hozott.

19. A Zahidnoukrainszka (Ukrajna) - Albertirsa (Magyarország) 750 kV-os összeköttetés jövője

A Szovjetunió felbomlását követően a párhuzamos üzem is megszűnt a SZU Déli EER-rel.

1995. október 18-án a CDU VERE tagországai közül a lengyel, a cseh, a szlovák és a magyar villamosenergia-rendszer csatlakozott az európai UCPTÉ rendszerhez. Ezzel a 750 kV- os távvezeték rendszerösszekötő szerepe ideiglenesen megszűnt.

Ma a 750 kV-os távvezeték 300-500 MW-tal vesz részt Magyarország villamosenergia-importjában.

Vannak tervek a magyar szakasz jelentős részének 400 kV-on való üzemeltetésére. Ezáltal megtakarítható kb. 15 kW/km sugárzási veszteség és kb. 1 MW/készlet söntfojtó-veszteség. Az áttérés azonban úgy történe, hogy meglegyen a 750 kV- os üzemre való visszatérés lehetősége, számítva egy még „egyesültebb” európai villamosenergia-rendszerre.