A prágai 2014. nov. 9. – 12. VDE –FEL ČVUT Konferencián elhangzott német nyelvű technikatörténeti előadás magyar változata.

Összeállította: Dr. Jeszenszky Sándor és dr. Kiss László Iván

Budapest, 2015. 02.07.

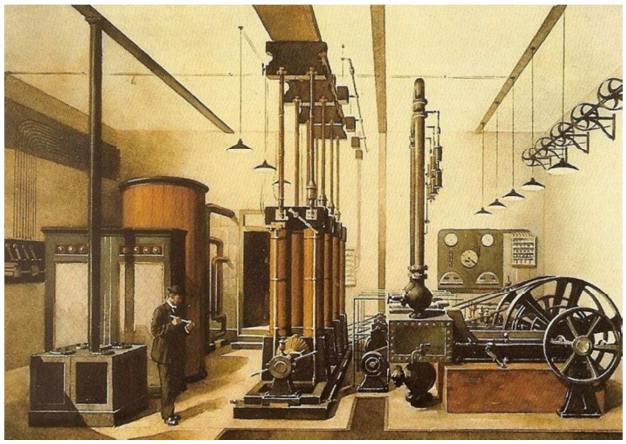
A konferencia német elnevezése:
Die sukzessiv vernetzte Welt-Elektrotechnische Firmen in der europäischen Gesellschaft Ende des 19. und im Verlauf des 20. Jahrhunderts

Budapest hálózatépítésének kezdetei
- egyidejűleg kétféle áram nemmel –

1. 1893-tól 1914-ig

1.1 Egyenáram és váltakozó áram

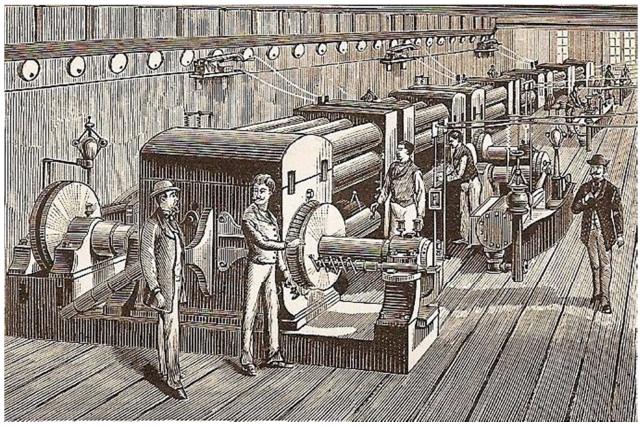
Mindenekelőtt az *egyidejűleg* szót kívánjuk hangsúlyozni.
A nagyvárosokban az 1880-as években először egyenáramú hálózatokat építettek, csak később, amikor a váltakozó áram előnyei már nyilvánvalóvá váltak, kezdődött el ennek az áram nemnek az alkalmazása.
A kis áramfejlesztő telepek esetében, amelyek csak egyetlen épületet, egy színházat, egy pályaudvart vagy legfeljebb egy háztömböt láttak el árammal, az egyenáram alkalmazása magától értetődő volt. (1. ábra)



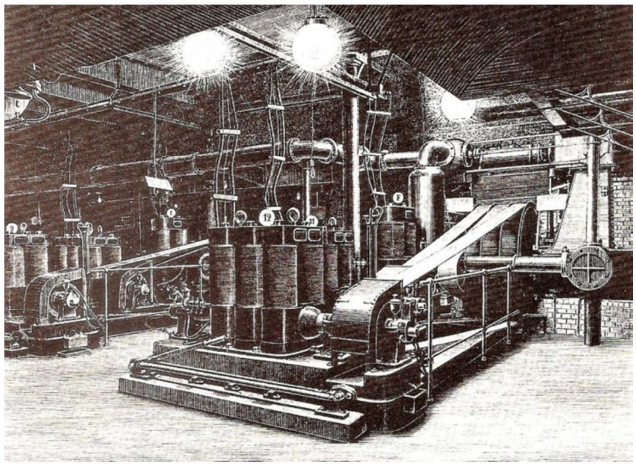
1.ábra, Berlin, a Bauer kávéház áramfejlesztő telepe, 1884

A korai erőművek, mint például Edison első new-yorki központi telepe 1882-ben (2.ábra), vagy a Berlini Markgrafen Strasse-i telep 1885-ben (3. ábra) szintén csak nagyobb helyi áramfejlesztő telepek voltak, de már kábelhálózatuk volt, nagyobb terület, egy városrész vagy kerület ellátására – magától értetendően szintén egyenárammal. A feszültség 100-110V volt. Az energiát a kábel veszteségek miatt csupán pár száz méter távolságig tudták eljuttatni. Később Hopkinson 2x110V-os, háromvezetős rendszerével (4. ábra), majd Siemens 4x110V-

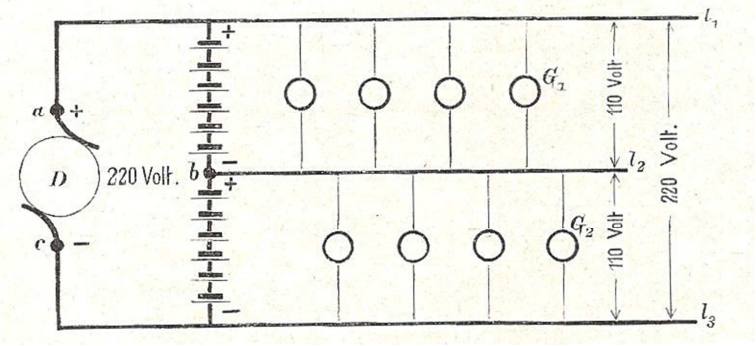
os rendszerével az ellátási körzet pár kilométerre növekedett, az erőműveket már az ipari elővárosokba lehetett telepíteni. Azonban a 4x110 = 440V a feszültségnövelés felső határát jelentette.



2. ábra, a Pearl streeti erőmű, New York, 1882 1885-ben



3.ábra, az első berlini erőmű, Markgrafen Strasse



4. ábra, Háromvezetős rendszer

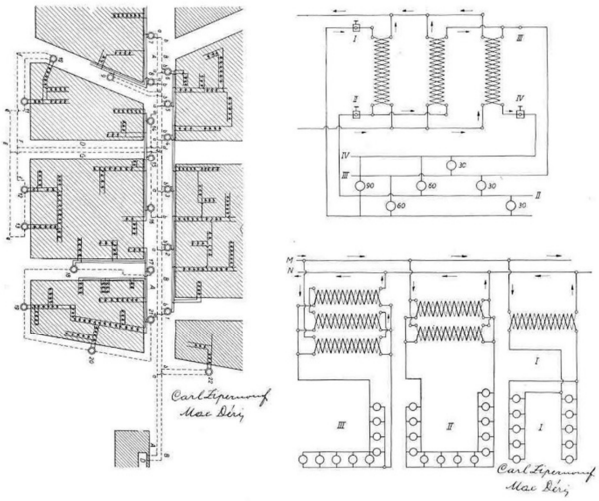
További fejlődést a váltakozó áram tett lehetővé, amelynek szülővárosa Budapest volt. A Ganz Vasöntőde és Gépgyárat a svájci Ganz Ábrahám alapította 1844-ben. Egykori öntödéje ma az Öntödei Múzeumnak ad helyet. (5. ábra),

5.ábra, Öntödei Múzeum

amely rövidesen a magyar gépgyártás zászlóshajója lett. Mechwart András, a schweinfurti születésű vezérigazgató 1878-ban tovább bővítette a cég tevékenységi területét az Elektrotechnikai Osztály létrehozásával, kezdetben 6 munkással. Osztályvezetőnek az akkor 25 éves Zipernowsky Károlyt nevezték ki. A kis műhely egyenáramú dinamókat és ívlámpákat gyártott. Az osztály gyorsan fejlődött, 1890-ben már több, mint 1000 dolgozója volt. Az Elektrotechnikai Osztály 1896-os gyártmányismertetőjének címlapján már a Fő utcai gyár tekintélyes épülete látható. (6. ábra).

6.ábra, Ganz gyártmányismertető, 1896

A cég három mérnöke, Zipernowsky, Déri és Bláthy 1885-ben szabadalmaztatta a párhuzamosan kapcsolt transzformátorokkal működő nagyfeszültségű energia elosztó rendszert (7. ábra),



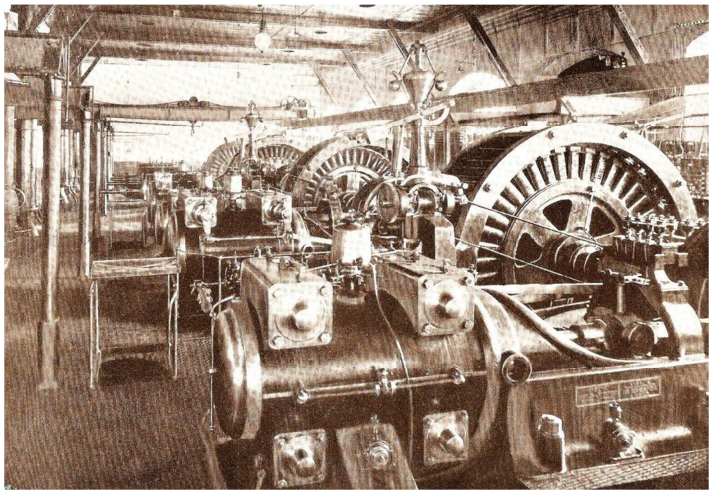
7.ábra, a párhuzamos elosztás rajza a szabadalmi iratban

Ugyanabban az évben ideiglenes rendszert épített a budapesti Városligetben az Országos Kiállítás számára, 1400V-os elosztó hálózattal és 1400/60V-os transzformátorokkal. Ez a rendszer egy kisváros áramellátásának modellje volt.
Az első transzformátorok egyikét Galileo Ferraris professzor vizsgálta meg, és kiváló tulajdonságait a német Elektrotechnische Zeitschriftben ismertette. (8.ábra)

8.

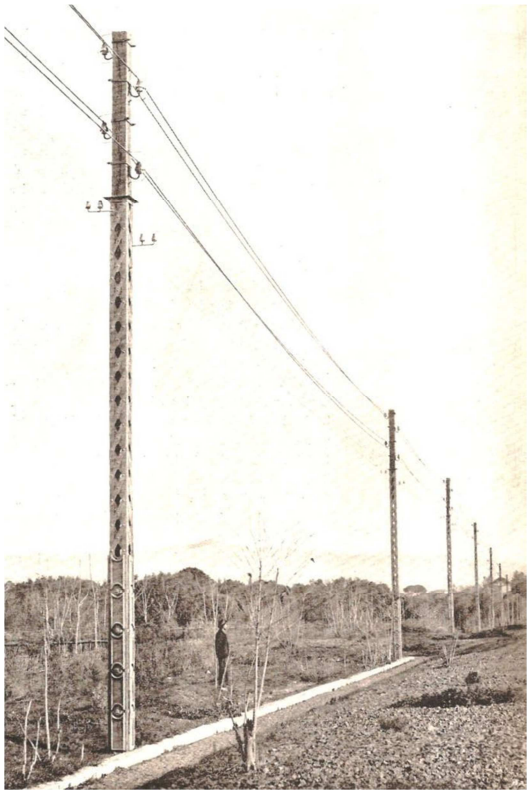
8. ábra, a Ferraris professzornak szállított őstranszformátor a torinói Ferraris Intézetben

Az új rendszer eredményes volt. A Ganz cég már 1886-ban váltakozó áramú erőművet és 2000V-os nagyfeszültségű elosztó hálózatot épített Rómában (9. ábra)



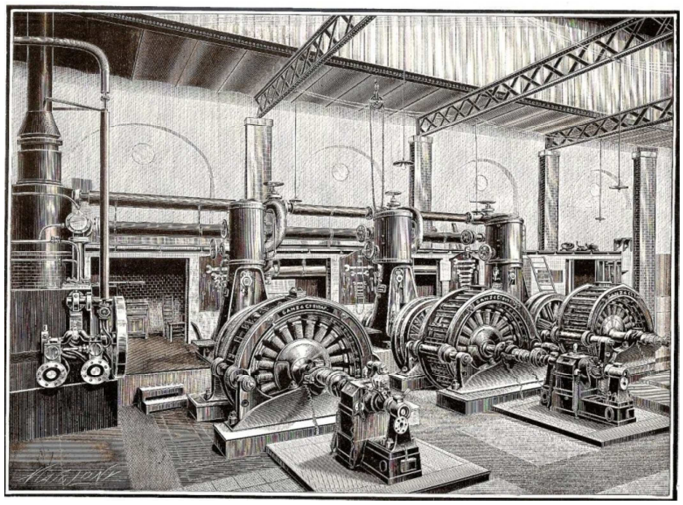
9.ábra, a római erőmű gépháza

A transzformátorok szekunder feszültsége 105V volt. Az erőmű összteljesítménye 1440 kW volt, ami akkoriban váltakozó áramú rekordnak számított. 1892-ben 1200 kW-os vízerőművet épített Rómától 26 km-re, Tivoliban, amelynek áramát 5 kV-os távvezeték szállította Rómába (10. ábra).



10. ábra, Tivoli-Róma távvezeték

Ez volt a világon az első, már nem csupán kísérleti jellegű, hanem egy nagyváros áramellátására épített távvezeték, és egyúttal az első lépés egy országos hálózat építése felé, amelyben egymástól távol levő gőzgépes hőerőmű és vízerőmű szinkron üzemelt. Bécsben 1890-ben épített a Ganz 1400 kW teljesítményű váltakozó áramú erőművet. Németországban a Helios AG. Ganz licenc alapján építette az első váltakozó áramú hálózatot Köln-Ehrenfeldben. 10 év alatt a Ganz több mint 200 kisebb-nagyobb erőművet épített (11. ábra).



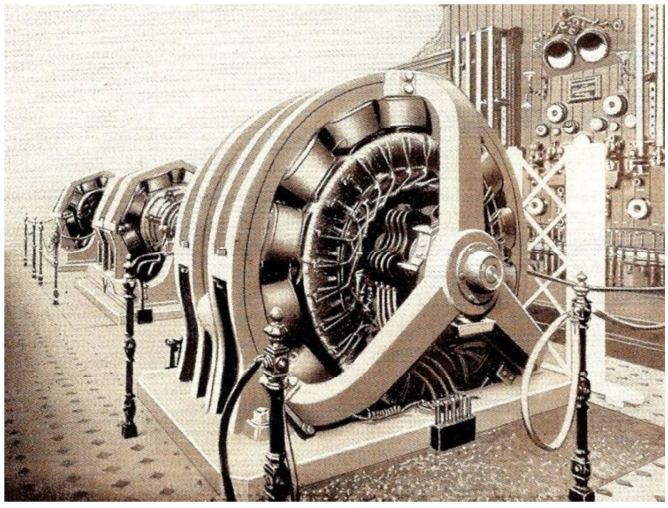
11.ábra, erőmű Velencében

Budapesten csak később, 1893-ban épültek erőművek és hálózatok. A késlekedés oka a főváros és az Osztrák Gáztársaság közötti koncessziós szerződés volt, bármilyen világítási vezeték építésére. Végül is ez a társaság elhatározta, hogy maga is részt vesz a főváros villamosításában.

Ámbár a Ganz eredményei a váltakozó áram területén ismertek voltak, a város vezetése habozott, hogy a már bevált egyenáramot, vagy az új váltakozó áramot engedélyezze. Végül kompromisszum született: egyidejűleg egyen- és váltakozó áram, eltérően a város különböző kerületeiben. Így Budapest villamosítása nagy léptékű kísérletté vált az áram nemek versenyében. Más nagyvárosokban a sorrend egyértelmű volt: először egyenáram az 1880-as években, azután az 1980-es évek közepétől egyfázisú, majd többfázisú váltakozó áram, amely évtizedeken keresztül párhuzamosan együtt élt az egyenárammal. Budapesten kimaradt az egyenáram korai időszaka, ezért kezdettől, azaz 1893-tól párhuzamosan épült a két rendszer.

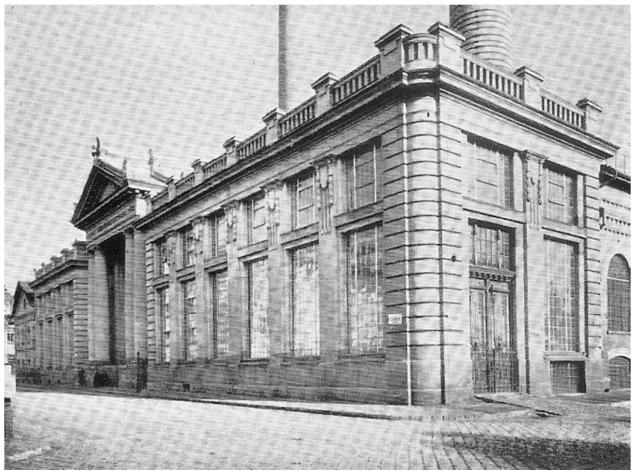
1.2 Egyenáram szolgáltatás

A Budapesti Általános Villamossági Rt. (B.Á.V. Rt.), amelyet az Osztrák Általános Gáztársaság alapított, 2x110V-os, egyenáramú hálózatot épített – amelyet azonban egy váltakozó áramú erőmű látott el energiával! Akkoriban már nem engedték meg a városközpontban erőművek építését, a nagyobb távolság viszont nagyfeszültségű energiaátvitelt igényelt. Ez az átvitel azonban a kor legmodernebb technikájával történt: nem az akkor szokásos egyfázisú, hanem már többfázisú rendszerrel, két darab kétfázisú, 1800 V, 26 Hz, 300 kW-os generátorral Budapest egyik külvárosában, és egyenirányító alállomásokkal a Belvárosban, 3-4 km-re az erőműtől, kétfázisú aszinkron motorokkal, 2x110 V-os egyenáramú generátorokkal és 2x110 V-os akkumulátor telepekkel. A villamos gépeket a nürnbergi Schuckert és Társa cég szállította (12. ábra).



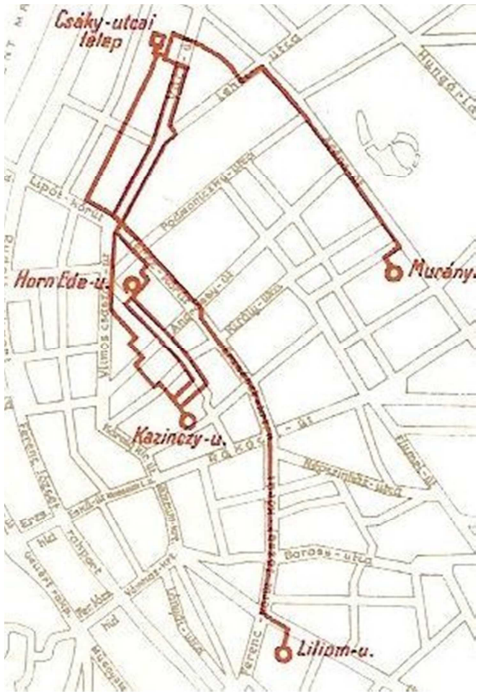
12. ábra, átalakító gépcsoport a Kazinczy utcai alállomásban

Az első egyenirányító alállomás a Belvárosban, a Kazinczy utcában volt. Jelenleg ott van a Magyar Elektrotechnikai Múzeum. A maximális összteljesítmény 1913-ban elérte a 13 MW-ot. (13. ábra).



13. ábra, az egyenáramú rendszer erőműve

Az egyenáramú hálózat három részből állt:
- *Nagyfeszültségű kábelek* az erőműből az egyenirányító alállomásokba, 2x1800 V
- *Tápkábelek (feeder)* az egyenirányító alállomásokból a táppontokig, 2x110 V
- *Elosztó kábelek* táppontoktól közvetlenül a fogyasztókig, 2x110 V (14. ábra).

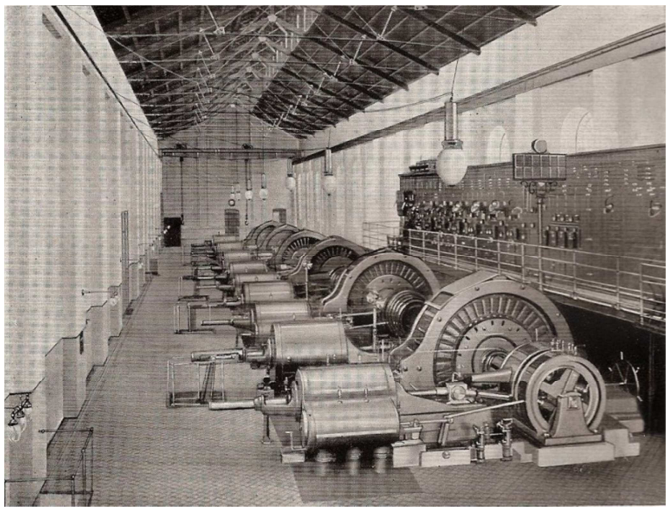


14. ábra, az egyenáramú rendszer kétfázisú hálózata és az egyenirányító alállomások

1914 után a rendszert tovább fejlesztették, motor-generátorok helyett higanygőz egyenirányítókkal, de a második világháború hamar megszüntették. Az utolsó egyenáramú alállomás a Kazinczy utcában még 1962-ig üzemelt, akkoriban azonban már csak néhány lakóház kapott egyenáramot.

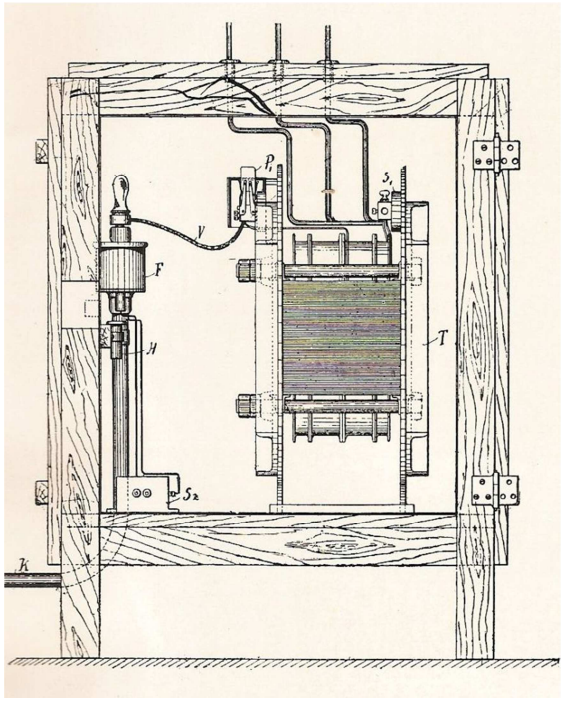
1.3 Váltakozó áram szolgáltatása

A Ganz Rt. 1893-ban megalapította a Magyar Villamossági Rt.-t. (M.V. Rt.)
Az egyenáramú hálózattal egyidejűleg a M.V. Rt. váltakozó áramú erőművet és (viszonylag) nagyfeszültségű, transzformátoros elosztóhálózatot épített. Az erőművet 1893-ban helyezték üzembe, három dugattyús gőzgéppel és három egyfázisú szinkron generátorral. A generátorok összteljesítménye 1000 kW, frekvenciája 42 Hz, feszültsége 3000 V volt, amely közvetlenül táplálta a nagyfeszültségű hálózatot. (15. ábra).

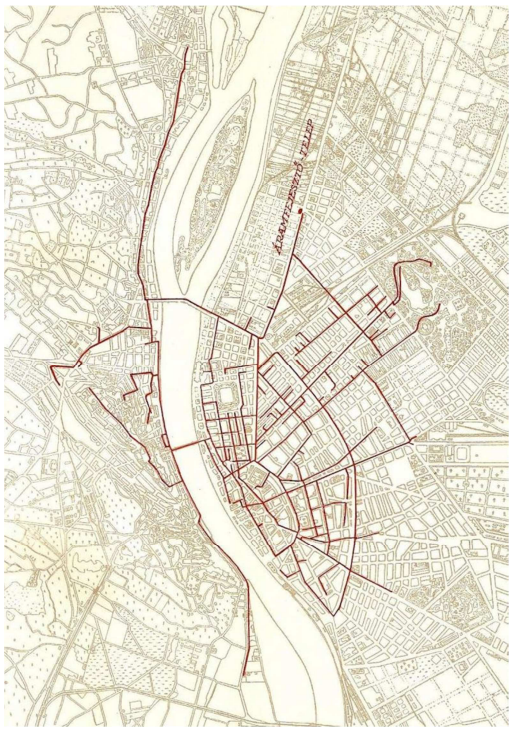


15. ábra, a váltakozó áramú gépház, 1895

Gyakorlatilag minden háznak saját transzformátora volt, valahol a lépcsőházban egy fa ládában, amelyet röviden „kutyaól”- nak hívtak. (16. ábra).



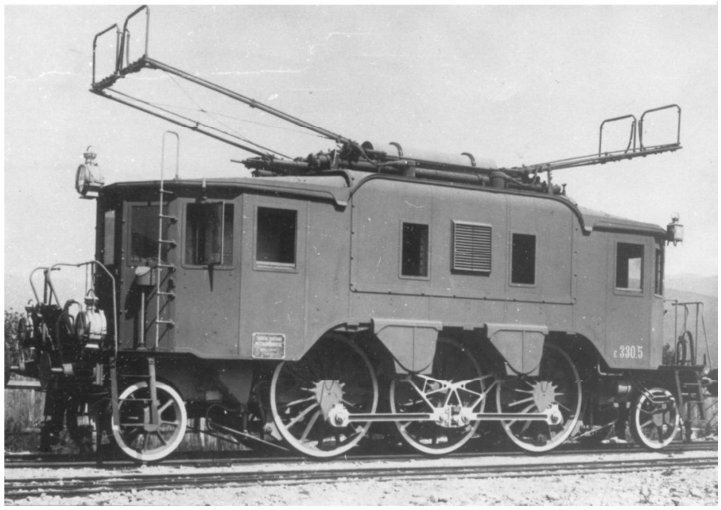
16. ábra, a „kutyaól”



17 ábra, a 3 kV-os elosztó hálózat, 1896

Három évvel később az erőmű teljesítménye már 2000 kW volt és 1914-re elérte a 16400 kW-ot, de a generátorokat ekkor már gőzgépek, hanem gőzturbinák hajtották. A turbógenerátorokat Bláthy fejlesztette ki és a Ganz gyártotta.

Ezek a generátorok is egyfázisúak voltak, bár a Ganznak már egész sorozat kitűnő többfázisú generátora és motorja volt, sőt Észak-Olaszországban 1902- től hosszú nagyvasúti vonalakat háromfázisú rendszerrel villamosított (18. ábra).



18.ábra, a Valtellina vasút háromfázisú mozdonya

1895-ben 431, 1914-ben 3744 transzformátor üzemelt, amelyek 27.000 fogyasztót láttak el. Természetesen a belső kerületek voltak egyen-, a távolabbi külső kerületek váltakozó árammal ellátva.
Azok a fogyasztók, akiknek már nem csak világításra, hanem motorok hajtására is szüksége volt áramra, nem csupán több áramot, hanem egyre inkább háromfázisú, váltakozó áramú ellátást igényeltek. Ezen követelmények kielégítésére a főváros vezetése 1914-ben új, korszerű erőmű építése mellett döntött.

2. 1914-től 1933-ig

2.1. Általános jellemzés

Az első világháború kezdetétől az 1930-as világválság végéig terjedő korszakot Budapest közcélú áramszolgáltatása szempontjából a városi tulajdonú Budapest Székesfőváros Elektromos Művei (BSZEM) elsődlegessé válása jellemzi. A BSZEM - et a főváros a közüzemek létesítésére irányuló programja keretében 1914-ben alapította. Elsőként a főváros a Ganz alapítású Magyar Villamossági Rt. –t (M. V. Rt.) váltotta meg, annak erőművét és hálózatát a BSZEM vette kezelésbe. A másik nagy privát áramszolgáltatót, a Budapesti Általános Villamossági Rt.-t (B.Á.V. Rt.) erőművével és hálózatával együtt a főváros 1918-ban váltotta

meg és azt azután szintén a BSZEM üzemeltette. A fővárosnak a saját beruházásban épített Kelenföldi Erőműve 1914-ben kezdte meg a termelést , amelynek üzemeltetését szintén a BSZEM vette át. Megjegyezzük, hogy a BSZEM már a felsorolt erőművek és hálózatok kezelésbevétele előtt és azután is nem közcélú erőművekből származó kismennyiségű villamos energiát is elosztott , valamint szolgáltatott. De a továbbiakban ezzel a tevékenységével nem foglalkozunk.

A BSZEM célja a háromfázisú 50 Hz-s váltakozó árammal történő városi közcélú áramszolgáltatás fokozatos megvalósítása volt, amit a Kelenföldi Erőmű több fázisban történő bővítésével és az onnan kiinduló hálózat növelésével 1933-ra ért el, a mai értelemben energiarendszerré váló BSZEM . Budapest áramszolgáltatásában 1914 – 1933 között még kisebb erőművek és hálózatok is részt vettek, de a BSZEM fejlődése alapvetően meghatározta Budapest áramellátásának arányait, amelynek 1933-as állapotát a 19. ábra mutatja. A régi ábra nagyításával érzékeltethető, hogy a BSZEM területi aránya kb. 90% volt.

19. ábra, Budapest áramszolgáltatásának területi arányai 1933-ban.

Budapest villamosításának 1914- 1933 közötti második szakasza elválaszthatatlan a Ganz villamossági és egyéb gyáraiban készült gépektől, készülékektől, berendezésektől. A következőkben csak Ganz-nak rövidített egységek fejlődését is nagymértékben biztosította az, hogy a BSZEM tulajdonában levő villamos energia termelő –, szállító-, elosztó egységek fő szállítójává váltak. E mellett a Ganz a BSZEM egyes egységei megvalósításának fő vállalkozója is volt.

A felsoroltak miatt a következőkben a BSZEM rendszerénél, - főleg Kelenföldi Erőművénél - megvalósult egyes fejlesztések és a Ganz Rt. közreműködésével jellemezzük Budapest villamosításának 1914 - 1933 közötti történetét.

2.2. A BSZEM hálózat kiépülése

Az 1914 előtti időszakból a BSZEM egyenáramú és egyfázisú 42,5 Hz periódusú önálló fogyasztói hálózatokat örökölt a privát áramszolgáltatóktól. A főváros viszont a Kelenföldi

Erőműből kiinduló háromfázisú 50 Hz periódusú hálózatot adott a BSZEM kezelésébe. A BSZEM ugyan felismerte az utóbbi elsődlegességét, mégis egy ideig kénytelen volt az örökölt elosztó hálózatokat is korlátozottan fejleszteni. A 42,5 Hz –es termelés 50 HZ - re való átalakítása az M.V.Rt. megváltása után azonban hamarosan megtörtént.

A BSZEM 10 kV-os hálózata még 1914-ben a Kelenföldi Erőműből indult ki. A 10 kV-os generátor-feszültségű távvezetékek száma fokozatosan bővült, de a továbbiakban is sugaras jellegű ellátást biztosított. 1925-ig csak 10 000 / 190 V áttételű fogyasztói transzformátorok voltak, azután 10 000 / 3 000 V-os transzformátor biztosította a megmaradt M.V.Rt. hálózatrészhez a kapcsolatot. Az egyenáramú, volt BÁV Rt. fogyasztói hálózathoz az átvitelt növelését pedig 10 000 / 220 V-os transzformátorokkal biztosították. A 2x110 V-os egyenáramú hálózathoz vezető egyenirányítás kapacitását is bővíteni kellett A 10 kV-os főleg kábel hálózat 1933-ig is normál üzemben sugaras maradt, de az újabb 30 / 10 kV-os alállomások üzembe helyezése után a kábelek száma emelkedett.

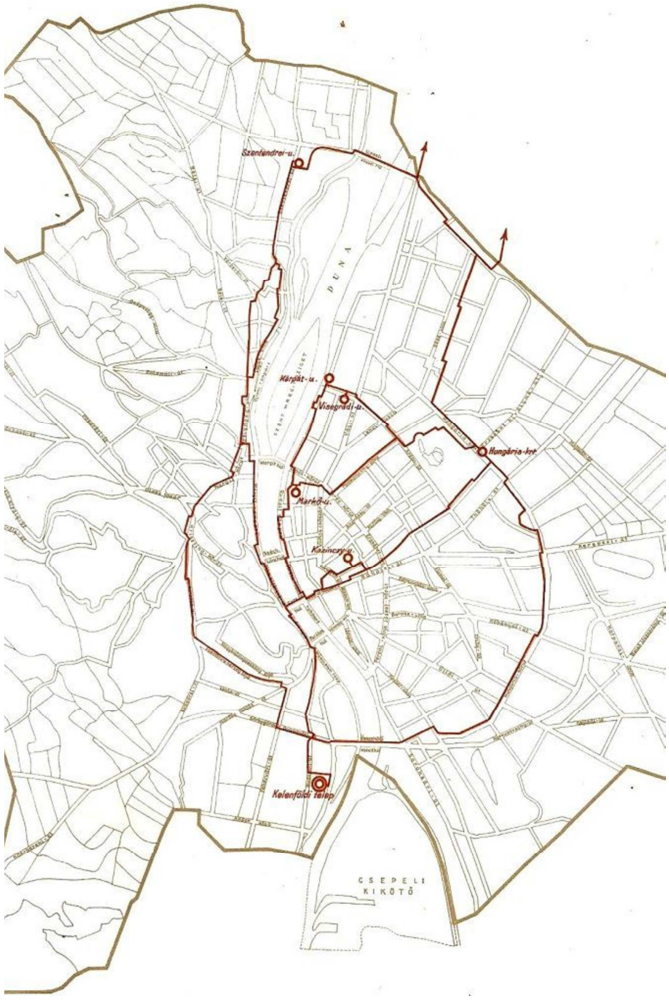
A BSZEM 30 kV -os kábelhálózatának fokozatos kiépítését a budapesti fogyasztás jelentős növekedése tette szükségessé. A nagyobb feszültséget a Kelenföldi Erőmű tervezett bővítése is indokolta, mivel az újabb, nagyobb teljesítményű generátorokból 10 kV -os kapocsfeszültségen a nagy teljesítmény gazdaságosan nem lett volna elvezethető és a rövidzárlati teljesítmények a kapcsoló berendezések megengedhető értékeit nagymértékben túllépték volna. A BSZEM az akkori kábeltechnikának megfelelően maximális feszültségként választhatta meg a 30 kV-ot.

A 30 kV-os hálózat kiépülése a Kelenföldi Erőműben elhelyezett 10 / 30 kV-os és a fogyasztás gócpontjaiban kiépülő 30 / 10 kV-os transzformátoros alállomásokkal fokozatosan valósult meg. Az alállomások egy része az 1933-as évre hurkoltan is ellátható lett, a hurkolt hálózat szelektív védelmét már akkor távolsági védelmekkel oldotta meg a BSZEM.

Az 1930-as évek elején BSZEM rendszerének a Magyar Dunántúli Villamossági Rt. rendszerével való összeköttetése is megoldhatóvá vált. Az MDVRt. rendszerét a Bánhidai Erőmű táplálta és 100 kV-os hálózata egyik végpontja Budapesten , saját alállomásában volt. Így hazánkban először valósult meg két nagyobb rendszernek a kooperációja.

A BSZEM 30 kV-os kábelhálózata 1933-as állapotában a következő alállomásokat érte el :

Kelenföld, Kazinczy utca, Markó utca, Hungária körút, Visegrádi utca, Kárpát utca, Szentendrei út (Aquincum mellett). Lásd a 20. ábrát.



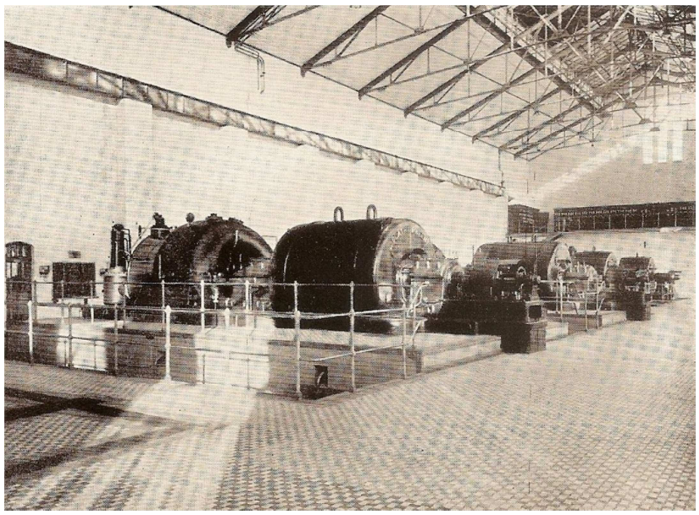
20. ábra, a BSZEM 30 kV-os kábelhálózata 1933-ban.

2.3. A Ganz részvétele Budapest villamosításának második szakaszában

A Ganz – ahogyan az az első szakasz leírásában olvasható – már az első világháború előtt fontos szerepet játszott Budapest villamosításában. A második szakaszban a BSZEM olyan partnerévé vált, amelyik gépek, berendezések, készülékek szállítása mellett alállomások építésében, erőmű bővítésben is részt vett A Ganz tevékenységében az első világháború után kiemelkedő szerepe volt Bláthy Ottó Titusznak, aki a turbógenerátorok fejlesztését irányította és a 44 MVA-es kétpólusú típusnál jelentős újításokat vezetett be. A BSZEM – el való együttműködés nagymértékben járult hozzá a Ganz - nak külföldi sikereihez, elsősorban a turbógenerátor eladások területén.

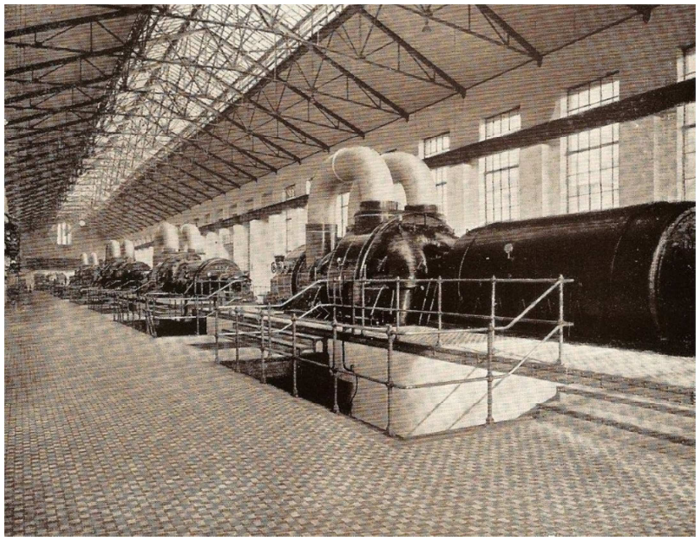
A Kelenföldi Erőmű fokozatos bővítésénél a Ganz a BSZEM – nek különösen fontos partnere volt , ezért a Budapest villamosításában szerzett érdemeit ilyen példákkal mutatjuk be.

Már 1914 – 24 között 8 MVA és 24 MVA teljesítményű Ganz turbógenerátorokat helyeztek üzembe. Ezek még 1500 / perc fordulatúak voltak és a 10 kV-os hálózatba közvetlenül tápláltak be. (21. ábra)



21. ábra, kisebb Ganz turbógenerátorok a Kelenföldi Erőműben 1924-ben.

A Kelenföldi Erőmű második bővítési fázisában a Ganz Gyár már három 44 MVA- es turbógenerátort is szállított. Ezek közül kettő – a generátor gyártás Ganz gyári fejlődése révén – 3 000 / perc fordulatú, azaz kétpólusú lett (22.ábra)

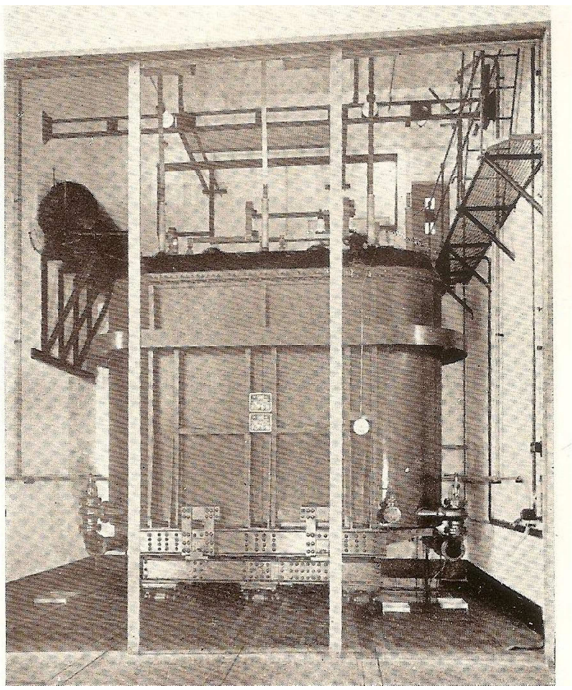


22. ábra, Ganz 44 MVA – es turbógenerátorok a Kelenföldi Erőműben 1933 –ban.

A 44 MVA –es turbógenerátorok beépítésével az erőmű összteljesítménye 224 MVA – re növekedett, ami akkor Európában kiemelkedőnek számított.

A nagy turbógenerátorok miatt az elszállítandó teljesítmény és a rövidzárlati áram jelentősen emelkedett. Ezért a 44 MVA – es turbógenerátorokat 10 / 30 kV- os blokktranszformátorokkal az erőmű ekkor megépített 30 kV –os alállomása sínrendszerébe kötötték be. A meglévő és akkor bővített 10 kV –os sínrendszerhez 30 / 10 kV –os

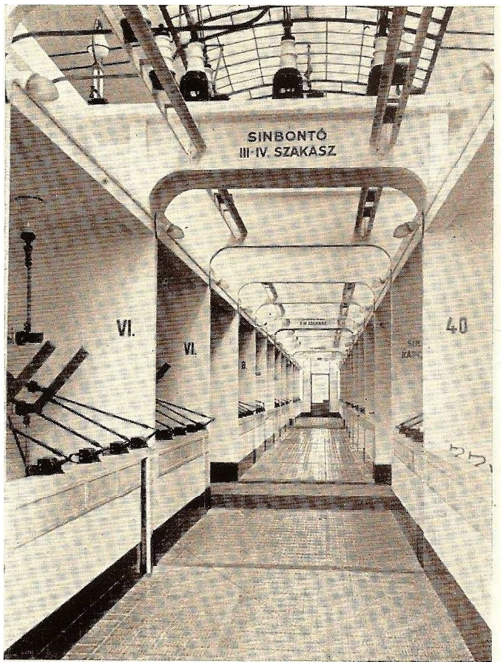
transzformátorok biztosították a kapcsolatot. E mellett szükség volt a fokozatosan létesülő 30 kV –os alállomásokhoz is 30 / 10 kV –os transzformátorokra (23. ábra).



23. ábra, Ganz 45 MVA -es transzformátor a Kelenföldi Erőműben 1933 –ban.

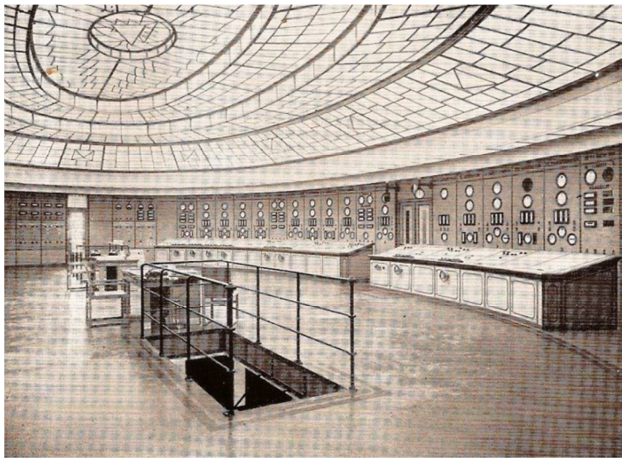
Mindezeket a Ganz 45 MVA –es teljesítményben szállította, de a transzformátorok kivitelében a funkciójuktól függően különbségek voltak. A blokk-kapcsolású transzformátorok – a zárt elhelyezésük miatt - hűtő berendezésének olaját a nyári melegben a Dunából nyert vízzel lehetett hűteni. A 30 / 10 kV –os sínösszeköttetést megoldó transzformátorok egyikének feszültség szabályzós kiegészítése is volt.

A Ganz Rt. a BSZEM részére alállomásokat is installált. Ezekbe – főleg a kapcsoló berendezések területén – nemcsak saját termékeket, hanem egyéb, elsősorban magyar gyártmányú berendezéseket, készülékeket is beszerelt. A Ganznak jelentős szerepe volt a Kelenföldi Erőmű 30 kV-os alállomása létesítésében (24.ábra) és a 10 kV –os alállomása bővítésében.



24. ábra, részlet a Kelenföldi Erőmű 30 kV –os alállomásából 1933-ban.

A Ganznál gyártott különféle – főleg tábla – műszerek, működtető kapcsolók, fogyasztásmérők, jelzőkészülékek jelentős szerepet játszottak Budapest villamosítása második szakaszában. A vállalati és lakossági fogyasztásmérők közül ebben az időszakban a Ganz gyártmányai lettek a meghatározók. A BSZEM a Kelenföldi Erőműben – különösen annak attraktív vezénylőtermében (25. ábra) a Ganz műszerekből, kapcsolókból sokat épített be.



25. ábra, a Kelenföldi Erőmű vezénylőterme 1933-ban.

ÖSSZEFOGLALÁS

Budapest hálózatépítésének kezdeti szakaszait áttekintve megállapítható, hogy a megfelelő, tartalékolható áramforrásokkal és hurkoltan is üzemeltethető nagyfeszültségű hálózatból álló, a mai értelemben vett, kooperáló villamos energia rendszer 1933-ra épült ki. E rendszer akkor már alapjában véve háromfázisú 50 Hz –es váltakozó áramot szolgáltatott, a kezdeti, párhuzamos egyenáramú ellátás fokozatos megszüntetése megkezdődött.

Irodalomjegyzék

1.Budapest Áramellátásának Története 1893-1933.

Budapest Székesfőváros Elektromos Művei 1934.

2.A KLEMENT GOTTWALD (GANZ) VILLAMOSSÁGI GYÁR TÖRTÉNETE

Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó Budapest 1962

3.A BUDAPESTI HŐERŐMŰ VÁLLALAT TÖRTÉNETÉBŐL

BUDAPEST, 1990

4.Sitkei Gyula : SZÁZ ÉV ALÁLLOMÁSAI

Budapest, 1993

5.A KAZINCZY UTCAI ÁRAMSZOLGÁLTATÓ TELEP TÖRTÉNETE

Magyar Elektrotechnikai Múzeum, 2002

6.EGY ÉVSZÁZAD A FŐVÁROS SZOLGÁLATÁBAN

OMM Elektrotechnikai Múzeuma , 2006