



## Üzemlátogatás a Siemens Zrt. csepeli transzformátorgyárába

2012. 10. 02.

Az Energetikai Szakkollégium 2012-es őszi félévének második üzemlátogatásán a Siemens Zrt. Csepeli Telephelyét tekinthették meg az érdeklődők. Az üzem bejárása során először megismertük a cég történetét, majd betekintést nyerhettünk a transzformátorgyártás összes lépésébe: az alapanyagoktól egészen a próbatermi vizsgálatokig végigkövethettük a gyártás fázisait.

### A cég rövid története

A Csepeli Transzformátorgyár 1960-ban épült azzal a céllal, hogy olajszigetelésű elosztó hálózati transzformátorokat gyártson kezdetben hazai, később pedig külföldi villamos elosztóhálózatok számára. 1978-ban német szabadalom alapján bővült a cég termékpalettája, azóta öntött műgyantával szigetelt ún. száraztranszformátorokat is készítenek. 1996-ban a Siemens AG felvásárolta a telephelyet, majd számos átszervezés, korszerűsítés következményeként 1999 óta *Geafol* típusú műgyanta szigetelésű transzformátorok előállításával is foglalkozik. Az évek során mind a kapacitásnövelés, a modern technológiák és magas szintű gyártási minőség biztosítása céljából tekerceselés gyártó, vasmagdaraboló műhelyek épültek, valamint beruháztak alacsony frekvenciás szárítórendszerekbe is. A száraztranszformátorok gyártása 3 éve új, korszerű csarnokban zajlik, az olajos csarnokot is átalakították. A cég munkájának precizitását 2007 óta az ISO 9001-es minőségbiztosítási, és –irányítási szabvány, az ISO 14001-es környezetirányítási rendszer és 2011 óta az OSHAS 18001 egészségvédelmi és biztonság irányítási rendszer garantálja. Saját szemünkkel is megállapíthattuk, hogy szervezett és komoly munka zajlik a gyárban.

Mára a Csepeli Telephely jelentős szerepet tölt be a Siemens Zrt. termelésében. Megközelítőleg heti 256 olajos- és 150 darab száraztranszformátort állítanak elő elsősorban áramszolgáltatók (E.ON, Elmű, EDF) részére, főként európai (német, skandináv) piacra, azonban szállítottak már a Közel-Keletre, Észak-Afrikába,

Hongkongba és Nigériába is. A gyár körülbelül 430 embert foglalkoztat. Nagyobb projektekben is részt vettek már, leginkább a Gönyúi Erőmű és a 4-es metró vonalán felszerelt transzformátorokra büszkék.

Néhány éve a Siemens Fejlesztési Osztályának egy kisebb csoportja Budapestre került, így a magyar szakembereik nemcsak a terméktervezésben, hanem az ehhez szükséges szoftverek fejlesztésével is foglalkozhatnak. Munkájuk egyik eredménye az önvédő olajszigetelésű transzformátor kifejlesztése, melyre korábban nem volt szabványos konstrukció.

## Előállított termékek

A látogatás első részében egy rövid ismertetőt hallhattunk Végh Attilától és Radics Józseftől a cég történetéről, tevékenységéről, előállított transzformátorokról. A budapesti üzemben

- folyadékszigetelésű transzformátorokat (50 kVA – 7.000 kVA között)
- GEAFOL műgyanta szigetelésű transzformátorokat (100 kVA – 10.000 kVA-ig)
- TPC önvédő transzformátorokat és
- amorf vasmagú olajtranszformátorokat gyártanak.



1. kép: Az üzem bemutatóterme

Az olajszigetelésű és önvédő olajszigetelésű konstrukciók szabadterén is, a Geafol transzformátorok csak belső terekben használhatók. Ahol komoly

biztonsági előírásoknak kell megfelelni (pl. kórházakban, alagutakban, bányaberendezésekben), ott is százaztranszformátor a legjobb választás, hiszen a szélsőséges időjárási feltételek ellenére nincs szükség karbantartásra. Az amorf vasmaggal rendelkező transzformátorok 60%-kal kisebb üresjárási veszteséggel működnek, azonban a zárlatbiztonság és az alacsony zajszint miatt még az első példányok tesztelése zajlik. Szigetelő folyadék lehet ásványolaj, szilikonolaj vagy észter.

## **Az üzem részegységei**

A gyár bejárása során két csoportra osztva mi először a legnagyobb csarnokot, az **olajos üzemet** tekintettük meg. A gyártás első lépéseként a tekercsokat vékony lapokká hengerlik, feldarabolják vagy csíkokra vágják, végül feltekerik.

A kisfeszültségű és a nagyfeszültségű tekercsek gyártása eltérő módon történik.

A **kisfeszültségű tekercsek** réz- vagy alumíniumszalagokból készülnek, amiket egy szalagtekercs gombolyító gép teker fel. E konstrukció előnye, hogy zárlat esetén sem tudnak a tekercsben menetek elmozdulni. Ezután gyantabevonatot kapnak a tekercsek, ami a kályhában való megolvasztás után összetartja, fixálja a tekercset.

A transzformátorok gyártásánál különösen nagy szerepet kap a szárítás, a víz elpárologtatása. Fontos, hogy a lehető legkevesebb maradjon a szigetelésben és az olajban, ugyanis a hőmérséklet emelkedésekor a víz a száraz szigetelőanyagokból az olajba diffundál, ami csökkenti annak átütési szilárdságát. A víz bomlasztó hatású, oxidációs tulajdonsága miatt a transzformátor élettartama csökken, az olaj-papír szigetelésrendszer hamarabb tönkremegy. Csepelen kétféle módon szárítják ki a szigetelőanyagból a vizet: a hagyományos módszer alapján a vasmagos tekercset kályhába teszik, majd néhány óra elteltével a nedves levegőt elszívva vákuumot hoznak létre. Ekkor öntik fel a már előre felmelegített olajjal a transzformátorokat, majd pár órára hűlni hagyják. A módszer hátránya, hogy időigényes és sok hő szükséges az egész kályha felmelegítéséhez. Ha nem akarjuk az egész teret felfűteni, akkor a kisfrekvenciás szárító kályhával érdemes vízteleníteni a transzformátokat. Ennek lényege, hogy a kisfeszültségű oldal rövidre zárásával és a nagyfeszültségű oldalról 10 Hz-nél kisebb frekvenciájú gerjesztéssel csak a tekercset melegítik fel, amíg a technológia által előírt hőmérsékletet el nem éri. A párát elszívják, az 50-60°C-ra felmelegített, előkezelt olajat alulról, csöveken keresztül bevezetik, majd a berendezést hagyják kihűlni. A fenti két módszer hatékonysága nagyjából megegyezik, azonban az alacsony frekvenciás szárítás során a megnövekedett kapacitás ellenére a folyamatidő rövidebb, és nagyobb energia megtakarítás érhető el.

**Nagyfeszültségű** is készülnek a csepeli telephelyen. Egy számítógép vezérlésű huzalgombolyító géppel azonnal rágombolyítják a helytakarékoság miatt lapított keresztmetszetű huzalokat a vasmagra.

Következő állomásunk a **vasmaggyártó műhely** volt. A gyártás során egy vasmagdaraboló gép méretre vágja a 0,23 vagy 0,27 mm vastag lapokat, majd ezeket kézzel összefűzik. Ezután szerelik rá a tekercset, a vasmagba három oszlop, alulra és felülre pedig járom kerül.

A jó minőségű vasmag hidegen hengerelt, szemcseorientált vasból készül, melyben a domének egy irányba állnak be. A lemezek között kialakuló fluxus kis villamos ellenállás esetén nagy örvényáramú veszteséget produkál, ezért mindkét oldalon (pl. SiO<sub>2</sub>) bevonattal szigetelni kell a vasmagot rétegeit, és ötvözőanyagok felhasználásával (pl. mangán, szilícium, króm) növelni lehet a mágneses vezetőképességet, így csökkenthető a szórt mágneses fluxus.

Transzformátorok tervezése során figyelembe kell venni a magnetostrikció jelenségét is, melynek lényege, hogy mágneses igénybevétel hatására rugalmas alakváltozás jön létre a vasmagban. Tekercselt transzformátor esetén a vasmag a betáplált feszültséghez képest kétszeres frekvencián rezeg. Ennek csökkentése érdekében szigetelni, egészben kiönteni vagy ragasztani kell a vasmagokat, majd próbatermi mérésekkel ellenőrizni kell, hogy a zajszint a szabványban előírt érték alatt van-e.

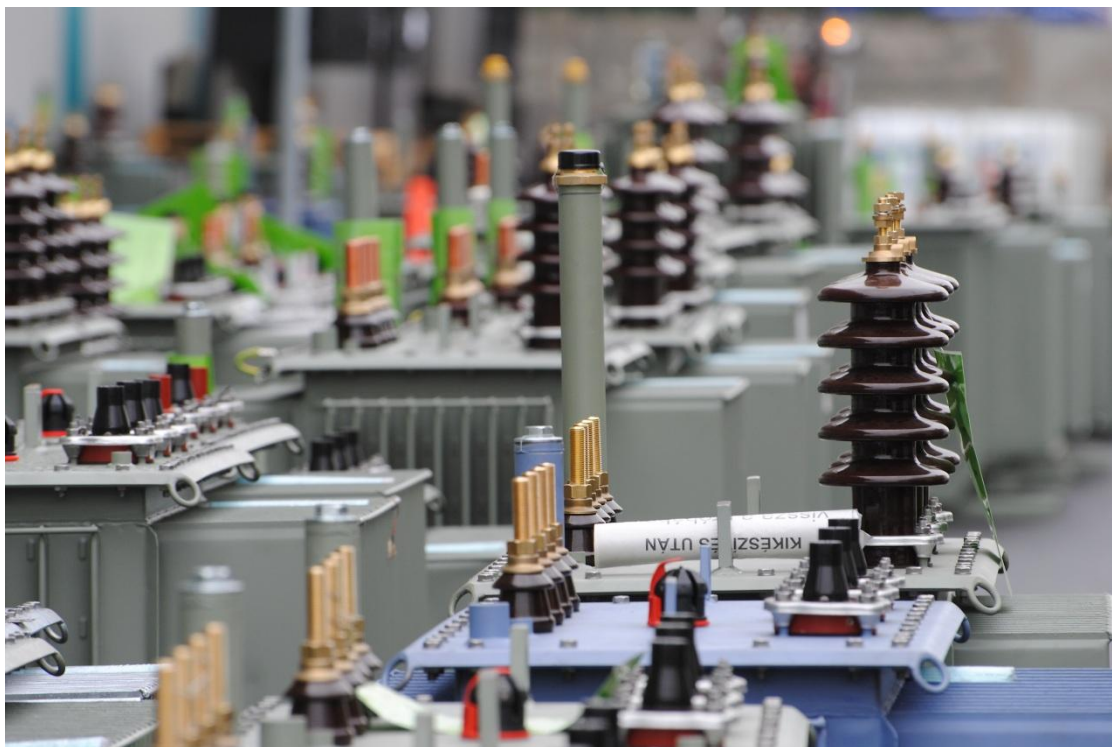
Az olajos üzemben számos **próbatere**m is helyet kapott, ahol a transzformátorok darabvizsgálati ellenőrző mérései zajlanak. A fent említett zajszint mérés egy erre a célra készített, hangszigetelt szobában történik, ahol a transzformátort a szoba közepén elhelyezett kavicságyon fekvő, különálló betonlapra állítják, ezáltal a külső rezgések nem zavarják a mérést. Hangnyomást mérnek két, ellentétes iránykarakterisztikájú mikrofonnal. Véletlenszerűen kiválasztva vagy a megrendelő külön kérésére a transzformátorokon lökőfeszültség próbát is végrehajtanak.

Az olajos transzformátorgyártó csarnok után a **száraz transzformátorok** készítésének lépéseit is végignézhettük. A vasmaglemezek kézi összefűzése után itt is a tekercselés következett. A kisfeszültségű tekercsek hasonló módon készülnek, mint az olajos transzformátoroknál, azonban nagyfeszültségű tekercs tárcsás módon van feltekerve, így az áramsűrűség a vezető teljes keresztmetszetében eloszlik, rövidrezárás során az alkotó irányú terhelés csökken. Ezután a tekercset egy sablonba teszik, és a kályhákban folyékony műgyantával tele öntik, így a konstrukció szigetelt lesz, tűzállóvá, önoltóvá válik. Több mint 10 órán keresztül utó hőkezelő kályhákban hűlnek ki a kiöntött blokkok, a gyanta lassan megszilárdul. Légbuborékok nem lehetnek a gyantában, mert a hibás öntés következményeként az üzem közben könnyebben kialakuló részleges kisülések átütést, végső soron pedig a transzformátor meghibásodását okozhatják.

Az összeszerelt transzformátoroknak itt is meg kell felelniük a **próbatermi vizsgálatokon**, a szabványok által előírt mutatóknak. Egy-egy darab vizsgálata során megméri a tekercs ellenállását, rövidrezárási feszültségét és –vesztését, üresjárási áramát, részleges kisülések mennyiségét. Ellenőrizni kell az áttételt, háromféle módon meg kell vizsgálni a szigetelés minőségét, valamint azt, hogy a kis- és nagyfeszültségű tekercsek megfelelő távolságra vannak-e egymástól. A kisfeszültségű tekercsbe hőmérsékletmérő szenzorokat építenek be, ezzel ellenőrzik, hogy a vasmag hőmérséklete 100 °C fölé emelkedik-e. Egy-egy darab mérése körülbelül 40 percig tart. Ha minden jogszabályi és biztonsági előírásnak megfelelt a transzformátor, sor kerülhet az értékesítésre.

A látogatás következő helyszíne a **fémszerkezeti üzem** volt, ahol a transzformátort borító szekrény készül. A hullámos falú panelgyártó soron először egy élhajlító gép elkészíti a szekrény bordáit, amit egy hegesztőrobot összeszerel. Ezzel párhuzamosan egy lézervágó berendezés készíti a transzformátor tetőlemezét. Kézzel készülnek el az apróbb munkálatok, mígnem elkészül a szekrény. Tovább sétálva megnéztük a **festőüzemet** is, ahol a korrózióvédelem céljából a lemezeket homokszórás után vízbázisú festékekkel több rétegben bevonják. Speciális kérés esetén a szekrények tűzihorganyzott lemezből készülhetnek, ezzel még nagyobb védelem érhető el.

Végül az **eredeti - még az 1960-as évek elején épült - próbatermet** és az azt árammal ellátó **generátortermet** néztük meg.



2. kép: A kész transzformátorok

## Jövőbeli lehetőségek

Amint azt Végh Attila elmondta, a cég a transzformátorok hatásfokának növelésében lát nagy lehetőségeket. Ennek egyik módja a veszteségek csökkentése. Minél nagyobb egy transzformátor vesztesége, annál több hő keletkezik benne, ami a szigetelés gyorsabb öregedéséhez, végső soron pedig az élettartam csökkenéséhez vezet. A transzformátorok vesztesége két részből tevődik össze: az üresjárási (más néven vasvesztéséből) és a terhelési veszteségből. Az üresjárási veszteség a vasmag felmágnesezéséhez szükséges teljesítmény, míg a terhelés során a tekercsben keletkező hő mellett járulékos örvényáramú veszteségek is keletkeznek, ezt nevezzük terhelési veszteségnek. Jelenleg 20-25 év a transzformátorok névleges élettartama, azonban a tapasztalatok és visszajelzések alapján ez a gyakorlatban általában sokkal több: a gyakorlatban előfordul, hogy a névleges élettartam kétszeresét is eléri az eszköz meghibásodás nélkül.



3. kép: Csoportkép a bemutató teremben

**Lengyel Vivien**

**Az Energetikai Szakkollégium tagja**

**A képeket Zichó Viktor, a Kármán Tódor Fotóköri tagja készítette.**