

Az új paksi turbinasziget elé

Cserhádi András

Magyar Nukleáris Társaság

A paksi új blokkok létesítésének keretében rövidesen turbinatender kiírása várható. A cikk áttekinti a legfontosabb műszaki kérdéseket és a potenciális beszállítókat.

Bevezetés

A cikk szerzője egy ideje komplex áttekintésre törekszik az új atomenergetikai kapacitások létesítéseinek különféle részterületein. Egyik utolsó írásában pl. a reaktortartályok kovácsolási kérdéseiben mélyedt el [1]. Bár nem közvetlenül turbina szakember, most a modern nyomottvízes atomerőművek szekunder körével foglalkozik. Bizonyos alapok és sajátos vonások áttekintése mellett figyelmét a paksi beruházás okán elsősorban az orosz AES-2006 (más néven VVER-1200) típushoz illeszkedő megoldásokra, beszállítói lehetőségekre összpontosítja. Jelzi, hogy a termék műszaki tulajdonságain túl bizonyára sok gazdasági, sőt politikai tényező is helyet kap majd a döntésben. A cikkben foglaltak nyilvános források gondos gyűjtésén és elemzésén alapulnak.

Sziget az atomerőműben

Mivel az atomerőművek elég bonyolult technológiai objektumok, új blokkok létesítései az átláthatóságot, kezelhetőséget nagyban növeli, ha szakmailag homogénebb kisebb-nagyobb szállítási egységekre bontják őket. Ezeket az egységeket az itthon is egyre inkább bevett angolszász terminológia¹ szerint szigeteknek nevezik. Így van nukleáris sziget, amely az atomreaktorból és a gőzfejlesztőkből, valamint azok segéd- és biztonsági rendszereiből áll. A világon leginkább elterjedt nyomottvízes típusoknál ezt tágabb értelemben primer körnek is hívják. További fontos sziget a turbina sziget, ami hagyományos hőerőgépeszeti berendezéseket foglal magában. Szekunder körnek is nevezik. A reaktorban fejlesztett hő a gőz közvetítésével itt a turbinában mechanikai munkává alakul, a turbina pedig a közös tengelyen keresztül forgatja az áramfejlesztő generátort. A fenti két fő szigeten kívül rendszerint külön szállítási egységbe sorolják az erőmű infrastruktúrális elemeit, az építményeket, építési munkákat, valamint a nukleáris üzemanyagot is.

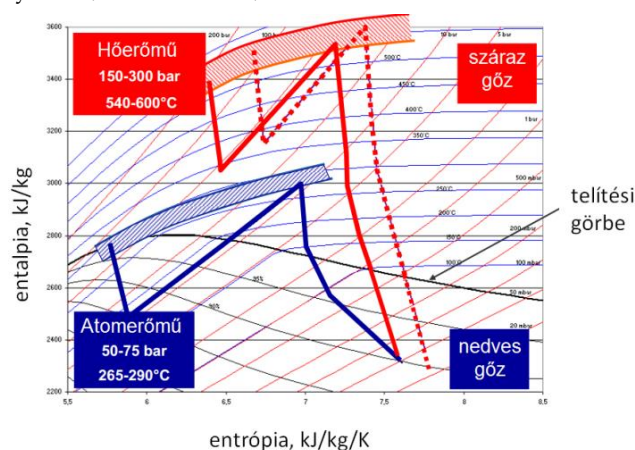
Egy reaktorhoz többféle gyártó turbinája illeszthető. Ez Paks esetében például azt is jelentheti, hogy az orosz nukleáris szigethez akár más piaci szereplő is szállíthat turbógép csoportot, vagy akár komplett turbina szigetet.

¹ NI - Nuclear Island, TI - Turbine Island, BOP - Balance of Plant, CW - Civil Works, NF - Nuclear Fuel

Nagy atomerőművi turbinák jellegzetességei

Gőzparaméterek és következményeik

A modern fosszilis hőerőművekben a kazán túlhevített, vagy akár szuperkritikus paraméterekkel rendelkező gőzt szolgáltat. Ezzel szemben a nyomottvízes atomerőműben a gőz hőmérsékletének és nyomásának határt szab a primerköri víz nyomása (a nagyobb víznyomás a berendezések falvastagságát növelné, nem emelhető minden határ nélkül). A gőzfejlesztőben telített gőz képződik, benne a turbinában végbemenő expanzió során megjelenik és nő a víztartalom. A gőz több lépcsőben tágul, ún. nagy- és kisnyomású házakban, sőt egyes gyártók már kombinált nagy és közepnyomású házat is alkalmaznak. A nedves gőzt cseppleválasztó és újrahevíítő, vagy túlhevítő közbeiktatásával szárítják, rendszerint a kisnyomású ház előtt. Mindezt az 1. ábra vízgőz diagramja szemlélteti. Vonalai: balról lefelé tágulás a nagy- és közepnyomású házakban, középen fölfelé túlhevítés, jobbról lefelé tágulás a (közép- és) kisnyomású házakban. Apró betűk mutatják a nyomást, hőmérsékletet, víztartalmat.



1. ábra: Mollier entalpia-entrópia diagram vízgőzre, rájegyzésekkel (forrás: Alstom)

Az alacsonyabb gőzparaméterek miatt ugyanakkora teljesítménynél az atomerőműben a telített-nedves gőzös turbinán közel ötször akkora tömegáramú gőz halad át, mint a modern szén- vagy gáztüzelésű erőműben.

Kondenzátorok és hűtés

A turbina utáni alacsonyabb termikus potenciálon lévő hőtartály, vagy hőelnyelő a kondenzátor. Itt a hűtés hatására a gőz kicsapódik, majd a csapadékot tápvízként visszavezetik a körfolyamatba. A kondenzátorokat többféle megoldással lehet hűteni. Vízhűtés esetén tenger, folyó vagy hűtővízét használják, léghűtés esetén nedves vagy száraz hűtőtornyokat. A hűtés módja, a víztakarékosság mértéke ezeken belül is tág határok közt változik. Az erőmű telephelye egyértelműen meghatározza a lehetőségeket. Így eltérőek a hűtési viszonyok – ezzel a reaktorból kinyerhető teljesítmény hasznosulása – télen vagy nyáron. Azonos hűtési megoldást nézve nyilvánvalóan kisebb a kondenzátor hőcsere felülete a hűvös északon, mint a forró délen. Könnyen belátható, hogy Finnországban fagyponthoz közeli tengervízzel alacsonyabb vákuum érhető el a turbina kilépő csőjénél. Itt azonos egyéb körülmények esetén nagyobb hatásfokkal lehet atomerőművet üzemeltetni, mint Iránban vagy az Emírségekben a Perzsa/Arab-öböl 30 °C körüli vizével, vagy az amerikai Arizona állam sivatagában hűtőtornyokkal hűtve.

Hatásfok, gazdaságosság

A fosszilis hőerőművekhez képest alacsonyabb gőzparaméterek kisebb termodinamikai hatásfokot tesznek lehetővé. A reaktor hőteljesítményére vetített, távvezetésekre kiadható villamos teljesítményt azonban nem csak a termodinamika szabályai határozzák meg, az erősen függ még az alkalmazott berendezések műszaki megoldásainak kiforrottságától, a különféle veszteségek minimalizálásától is. Így ugyanazzal a reaktoralal eltérő mennyiségű villamos energia termelhető más és más gyártó szekunder körével vagy turbina szigetével.

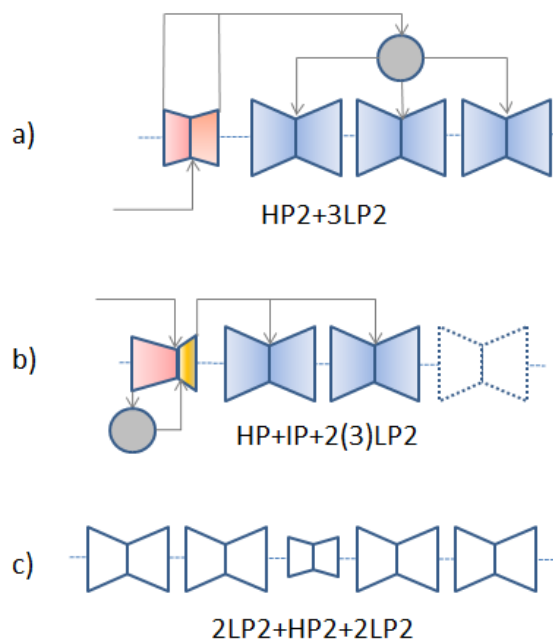
A gazdaságosság emellett nem csak a hatásfoktól függ. Lényeges még a beruházás költsége (mennyibe kerül a turbina, táptartály, előmelegítők, generátor, gerjesztő stb. és a méretüktől, elrendezésüktől függő befoglaló épület). Fontos az üzemeltethetőség, karbantarthatóság és karbantartási igény is (pl. szükséges személyzet, hozzáférhetőség, vibrációs, eróziós hajlam, lapátcsere gyakorisága).

Forgási sebesség

Mínél nagyobb a turbina teljesítménye – így a gőzáram –, annál inkább növelni kell a turbina végén a kiömlő keresztmetszetet. Ezért a gyártók többsége már áttért a lassú járatú turbinákra: a villamos hálózati 50 Hz-nek megfelelő 3000 fordulat/perc érték felére, azaz 1500 fordulat/percre. Ez persze dupla póluspárú generátort kíván meg. A kisebb forgási sebességnek köszönhetően jelentősen megnövelhető a legutolsó lapátok hossza, így az átömlő keresztmetszet. Jobb a lapátok erózió-állósága, csökken a rezgésérzékenység. Kezelhetőbb tartományban marad továbbá a lapátcsúcsok kerületi sebessége és a lapátokra ható centrifugális erő. [2],[3],[4] Egyes gyártók még nem rendelkeznek a hosszabb lapátározáshoz szükséges technológiával, ezért kénytelenek megmaradni a megszokott gyorsjáratú turbinánál. A keresztmetszetet újabb párhuzamos kisnyomású házzal növelik, amely jelentősen növeli a gépegység hosszát, a kapcsolódó berendezések számát és a turbina gépház méretét. A nemzetközi trendeknek tehát megfelel a Paks II kommunikált kiállása az 1500 fordulatú turbina mellett.

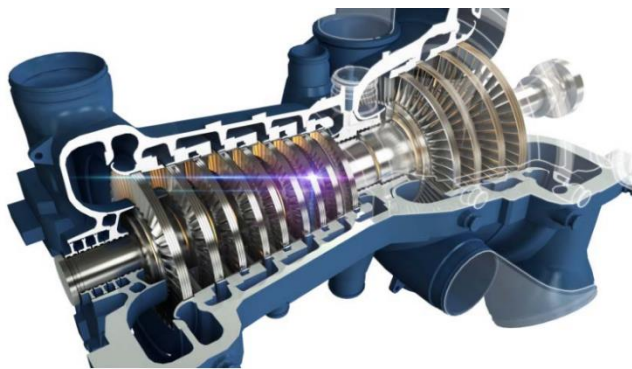
Turbinaházak, elrendezések

Már említettük, hogy a nagy turbinákban a gőzáram több, egymáshoz sorosan és párhuzamosan kapcsolt házzal halad át. A friss gőz magasabb nyomástartományában rendszerint egy vagy két párhuzamos ágat alkalmaznak, kisebb nyomáson a gőz útja akár hat-nyolc ágon is folytatódhat, mivel a növekvő térfogat és a turbina konstrukciója ezt megkívánhatja. A házak szokványos elrendezését és kapcsolódásait a 2. ábra a) részlete mutatja. Egy kettős kiömlésű, nagynyomású (high pressure, HP) házhoz itt három kettős kiömlésű, kisnyomású (low pressure, LP) ház tartozik. Az egyik vezető gyártó által bevezetett újabb elrendezés a b) részleten látszik. Itt a gőz egy ágon halad a nagynyomású, sőt még a középnyomású (intermediate pressure, IP) házban is, majd csak ezután ágazik többfelé. 1000-1200 MW tartományban elegendő lehet két kisnyomású ház, az ennél nagyobb turbinát hosszabb lapátokkal építik és egy további házzal bővítik. Az elrendezés fontos eleme még a cseppleválasztó-túlhevítő gőzáramba való beiktatási pontja, kialakítása (függőleges vagy vízszintes) és elhelyezése, valamint az egyes házak közti csövek vezetése (alul, oldalt, felül). A törekvés a minél kompaktabb kialakítás, illetve a turbina szerelhetősége. A felső csöveket ugyanis karbantartáskor először le kell bontani, hogy a házak felnyithatók legyenek. Az ábra c) részletén egy klasszikus gyorsjáratú turbina teljesen szimmetrikus, öt házas elrendezése látható (orosz neve „бабочка”, azaz pillangó).

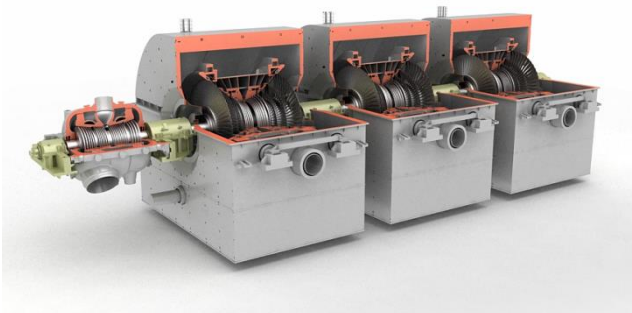


2. ábra: Házak és elrendezések. a) hagyományos, b) kombinált, c) pillangó (saját ábra)

Szimmetrikus kialakítás esetén a fellépő axiális erők egymást kioltják, de a kombinált aszimmetrikus nagy- és középnyomású házakat is megfelelő tervezéssel ki lehet egyensúlyozni.



3. ábra: Az Alstom egybeépített nagy és középnyomású háza
(forrás: Alstom)



4. ábra: Siemens SST-9000 gőzturbina hagyományos
elrendezése (forrás: Siemens)

Forgórész gyártástechnológia

A turbinák tengelye jó fél évszázada még rendszerint egyben kovácsolt monolit fémtömeg volt. A különleges kovácsolást jelentős forgácsolási munka követte. Egy további gyártási eljárásban a tengelyre zsigorkötéssel rögzítették a lapátkoszorúkat – a melegen felhúzott gyűrűk lehűlve erősen rászorultak. Mindkét technológia nem kis feszültséget hagyhat az anyagban, amely idővel feszültséghorrózió forrása lehet. Ezért a gyártók többsége a forgórészeket jobbra hegesztett kivitelben készíti. Ennek a mérsékelt gyártási feszültségeken túl további előnyei is vannak. Kisebbségi darabok kovácsolására sokkal több üzem felkészült. Az eltérő hőmérsékleti tartományokra és üzem közben kialakuló feszültségekre optimalizálhatók a turbina egyes részeinek anyagai: pl. a nagynyomású háznál hőállóbb, a kisnyomású házban szívósabb ötvözetek alkalmazhatók. A hegesztett forgórészek általában jobban bírják az indítási, leállási tranzienseket, gyorsabb terhelésváltozásokat és több ciklust engednek meg.

Lapátok

Végezzünk egyszerű számítást a még elképzelhető leghosszabb lapátokra! Egy gyors járatú turbina 1400 mm-es lapátjának csúcsa 440 m/s kerületi sebességgel forogna (lassúnál, 2200 mm-nél ez 346 m/s) – ami meghaladja a levegőben mért hangsebességet. A lapátgyökben ébredő centrifugális erő és ugyanott a tengelyre átvitt, táguló gőztől származó forgató erő eredője akkora lehet, hogy mindez különleges martenzites acélok, hőálló szuperötvözeteket, titán tartalmú anyagokat igényel. [5]

– Ahogy a forgási sebességnél is láttuk, a lapáthossz kulcseleme a modern turbináknak, ezért e téren talán leglátványosabb a műszaki haladás. Az utolsó lapátok hossza lassú járatú turbináknál a gyakorlatban 1200-tól

1900 mm-ig terjed (tradicionális és összevethetőségi okokból a legtöbb gyártó hüvelykben, vagy abban is megadja), tapasztalat nyilván a rövidekre nagyobb.

- A lapátok bonyolult 3D profiljának optimalizálása további fontos fejlesztési terület. Ennek egy hatékonyság növelő iránya például a gőzrelatív növelése a lapátok közepén a végek rovására.
- Külön tudomány a gőz nedvességtartalmával, a vízcseppek eróziós koptató hatásával való küzdelem is, különösen az utolsó lapátsoroknál. Az anyag kiválasztásán túl a korszerű felületkezelés is komoly szerephez jut.
- Csökkenthető a lapátok tömege, növelhető a lapátmozgás merevsége, ha szomszédjaikkal érintkeznek, ehhez megfelelő támasztó felület van rajtuk.
- A könnyű szerelhetőség is nagy kihívás. Egyes gyártónál a lapátok tengelyen való rögzítésének fenyőfa alakú gyöke ma már ívelt kialakítású. Mások a fésűs kialakítású gyökökben csapokkal rögzítik a lapátokat.

A nagy turbinák gyártói, potenciális tender résztvevők

Az alábbi körkép jellemző műszaki megoldásokon, tapasztalatokon, referenciákon túl kitér a tulajdonosi háttérre, gyártó bázisra, utal a paksi turbinatendert kiíró orosz szállítóval való kapcsolatra, az egyes potenciális indulók előnyeire, hátrányaira.

Alstom és AAEM

A francia Alstom ma a legnagyobb atomerőművi turbina szállító, minden reaktor típushoz tervez és gyárt turbinákat. Világszerte 136, Európában több mint 100, Franciaországban majdnem 60 blokkon forognak gépei, kétharmaduk lassú járatú. A francia atomerőmű flotta 900 és 1300 MW-os nemzedékein fejlődött ki az Arabelle™ márkanévű termék, amely korszerűségével vezeti a nemzetközi mezőnyt. A központi gyártómű a kelet-francia Belfort városában található, a turbina nevében ezt a „be” őrzi. Választékában három szabványos utolsó lapát hossz is van: 1448, 1753 és 1905 mm (57”, 69” és 75”). Legutóbbi ugyan világrekord, de még alig van rá referencia.

Az Arabelle kiemelkedő hatékonyságának lényege, hogy a gőzrelatív kezdetben egyben tartja, nem ágaztatja szét az expanzió első szakaszában sem a nagy-, sem a középnyomású házban. A gőzmennyiség átvezetéséhez így viszonylag hosszú lapátok kellene. A hosszú lapátoknál pedig fajlagosan csekélyek az óhatatlan lapátvégi veszteségek, mert a lapátgyök és lapátcsúcs környezete a teljes hossz jóval kisebb részét teszi ki, mint rövid lapátoknál. Ezzel a megoldással legalább 2% teljesítmény nyerhető. Hagyományos elrendezésnél viszont a ház első lapátjai elég rövidek, mert a nagynyomású ház kettős kiömlésű, tehát a gőzrelatív már ott szétválik; hiányzik a középnyomású ház; a kisnyomású házban a gőz már négy vagy hat úton halad. [6]

Új piaci szegmensben gondolkodva 2007-ben az Alstom vegyesvállalatot alapított az orosz Atomenergomas céggel, kifejezetten az Arabelle 1000-1200 MW-os lassú járatú turbina és generátor közös szállítására. Az Alstom-Atomenergomas (AAEM) 49%-ban francia, 51%-ban orosz

tulajdon. Nehezen indult be a vegyesvállalat: csak az oroszországi gyártóüzem helyének kijelölésére 4 év ment el. Podolszk, majd Petrozavodszk után végül Volgodonszk mellett döntött a fő tulajdonos Roszatom. Felélesztette az egykor szebb napokat látott Atommas kapacitásait. Eleinte csak részegységeket gyártottak, a lokalizáció 50%-ról startolt. Az első Arabelle turbinákat az orosz Balti Atomerőműbe szánták. Utolsó lapátjaik hossza 1448 mm (57"). Közben a kalinyingrádi exklávéba szorult atomerőmű építése megbicsaklott, a helyben fölösleges villamos energia exportjához ugyanis új távvezeték kellene, de a határos lengyelek és litvánok ezt nem támogatják és további orosz függéstől féltve a balti országok sem kívánják innen importálni. Legújabbán az Atomenergomas már a finn Fennovoima egyik leszerződött beszállítója is, ami világosan Arabelle turbinát jelez a Hanhikivi atomerőműben.

Az Alstom mint nagyvállalat sorsa kissé hullámozott a legutóbbi évtizedben. Állami cégből 2006-ban lett magáncég. A Bouygues 29%-át megvette egy államfői közbenjárású mentőakcióban, további célként az AREVA nukleáris óriáscéggel való közös nagyvállalat létrehozásához. Ez utóbbi azonban nem valósult meg. Az állam visszavett részvényeket és legfőbb tulajdonosként az energetikai divíziót (Alstom Power) eladta az amerikai gyökerű General Electric multinak. A GE a versenyhatósági engedélyek megszerzését követően vette át az irányítást. Úgy tűnik, hogy a GE és Alstom technológiai egymást kiegészítik, így a fúzió révén az integrált vállalatcsoport még stabilabb pénzügyi háttérrel, nagyobb nemzetközi gyártókapacitással, kereskedelmi lefedettséggel rendelkezik, de voltak pesszimistább hangok is.[7],[8] Mindenesetre a cég már GE Steam Power néven fut.

A paksi turbinaszigethez való magyar beszállítás egyik esélye már a GE akvizíció előtt is az Alstom Hungária Zrt. leánycégen keresztül körvonalazódott. Ha AAEM nyerné a turbinatendert, nemzetközi kompetenciája és háttere mellett építhet az Alstom 60 fős magyar Erőmű Szerviz egységének szakértelmére, valamint budapesti székhelyű Ipari Gőzturbina Fejlesztő Központjának kapacitására is. Még akkor is, ha utóbbi K+F üzletágnak a profilja a nagy, lassú járatú turbina helyett inkább a kis, gyors járatú turbina. [9] Amennyiben az amerikai-francia cég több berendezés magyar gyártását lokalizálja, mélyépítési, tervezési, építési és szerelési munkákkal együtt 15-20% hazai beszállítási hányad is elérhető.

Siemens

A korábbi évtizedek során két tucat nagy, lassú járatú turbinát szállított német, amerikai, brazil és argentin atomerőművekbe. Az antinukleárisra hangolt németországi közvéleménynek szóló nyilatkozatai ellenére a cég nem szállt ki teljesen a nukleáris bizniszből, az atomerőművek hagyományos technológiáit tovább viszi. Jól látta, hogy a gazdasági krízis és a megújulóknak térnyerése ellenére markáns *globális* igény lesz atomerőművi operatív irányítástechnikára, nagy turbinákra. Ezért lassú járású turbinákra az 1000-1900 MW teljesítmény tartományban moduláris termékplatformot alakított ki, felállította és fejleszti gyártókapacitását. Megoldásai konzervatívak, de kipróbáltak, a konvencionális elrendezés híve. Utolsó lapát hossz választéka: 1400, 1595 és 1830 mm (55", 62.8" és 72"). Függőleges cseppleválasztó-túlhevítőt preferál, aminek

kisebb a helyigénye. Termikus zsugorkötésű lapátkoszorú rögzítést alkalmaz, milliós nagyságrendű üzemóra tapasztalat szerint gépein nincs feszültségkorróziós veszély. Mindez anyagtudományi, mérnöki, hőkezelési, gyártási és minőségbiztosítási ismeretein és eljárásain alapul. Az SST5-9000 turbinához párban SGen5-4000W generátort ajánl. [10],[11],[12]

A nagy turbinák és generátorok fő gyártó bázisa a Ruhr vidéken, Mülheim városában van. Egy ideig nem dűskált új atomerőművi megrendelésekben, azonban számos atomerőművi turbina modernizálását végezte. 2015 elején létszámleépítés fenyegette [13], ami időközben egy jelentős egyiptomi hőerőmű szerződéssel elhárult.

A magyar beszállítás másik esélyeként a Siemens globális gyártó tevékenységébe illeszkedik a budapesti Késmárk utcai telephelyen végrehajtott kapacitásnövelő beruházás. Itt komoly gépparkkal rendelkező lapátgyár épült ki, az utolsó lapátokon kívül akár minden Budapestről származna. További turbinaalkatrészek is készülnek (pl. csapágyházak, hegesztett turbina házak), valamint a kondenzátor tervezés is ide telepített.

Turboatom

Az üzem 1980 óta gyárt Harkovban lassú járatú turbinákat VVER-1000 reaktorokhoz, eleinte kettő 500 MW gép, majd később egyetlen 1000 MW gép formájában. Mivel utóbbiból 18 db-ot szállított le orosz, ukrán, bolgár atomerőművekbe, igen komoly tapasztalattal rendelkezik ebben a termékkörben. Pár éve kifejlesztették K-1250-6.9/25 jelű, hasonló típusukat a VVER-1200 atomerőműhöz is. [14] Utolsó lapát hossz: 1450 mm (57").

Az ukrán gyár helyénél fogva közvetlenül még nem érintett a kelet-ukrajnai konfliktusban. A háborús cselekmények viszont túlságosan megterhelik Oroszország és Ukrajna gazdaságpolitikai kapcsolatait. Bár ma is vannak kisebb élő szerződéseik orosz megrendelőkkel, nehezen hihető, hogy az új paksi turbinasziget tőlük jöjjön az orosz kulcsrakész szállítás keretében.

Szilovije Masini

A Roszatomtól független orosz energetikai gépgyártó turbinái a nagy múltú szentpétervári LMZ² gyárban készülnek. A számunkra lényeges 1000 MW körüli teljesítménytartományban 2000-től évente átlagosan egy gyorsjáratú, zömmel pillangó elrendezésű turbinát szállítottak ukrán, kínai, indiai és orosz atomerőművekbe. Kínai vélemény szerint sok probléma adódott turbináikkal Tianwanban. [15] Már legyártották, illetve gyártják a két-két K-1200-6,8/50 típusú, ugyanilyen elrendezésű turbinát az épülő VVER-1200 atomerőművekbe: a Novovoronyezs II, Leningrád II és a fehérorosz atomerőmű számára. A négyblokkos török Akkuyuba is ezt a turbinát szánták. Az utolsó lapát 1200 mm (47¼"), titánból készül, nitrid ionimplantációs felületkezeléssel. Egy publikációjuk [16] elején nem győzik sorolni a gyorsjáratú turbináik előnyeit (pl. kisebb méret és súly, egyben kovácsolt rotor, kiváló referenciák, jó megbízhatóság). Kontrasztként ugyanennek az anyagnak a végén bemutatják a leendő 1300 MW-os VVER-TOI blokk típus számára a lassú járatú, kombinált nagy- és középnomású házzal szerelt K-1250-6,8/25 turbina

² Ленинградский металлический завод (Leningrádi Fémművek)

terveit. Mi ez, ha nem a beismerése egy zsákcának? Az új lassú járatú turbinát az LMZ meglévő csarnokaihoz közel, Metallosztraj településen épülő üzemben fogják majd gyártani. Az utolsó lapát előírányzott hossza 1760 mm (69,3”).

Doosan Skoda Power

A dél-koreai óriás által 2009-ben privatizált plzeni Skoda Power is képes lenne a VVER-1200 típushoz turbinaszigetet szállítani [17]. Ugyanakkor a cseh Temelíni Atomerőmű bővítésére a ČEZ villamos energetikai csoport által pár éve kiírt, de azóta visszavont tenderben több szereplő is kijelentette, hogy nem kívánják a hazai turbinagyárt bevonni. Az ok valószínűleg a Skoda által Temelín-1, -2 blokkokra szállított turbinák kezdeti megbízhatatlansága.

Japán gyártók

A magyar gazdasági sajtó néha fantáziál japánokról [18], de megítélésem szerint semmi esély itt távol-keleti győztesre. Elvben a Toshiba, Mitsubishi és Hitachi különféle tulajdoni kombinációjú cégei jöhetnek szóba, de közülük a nemrég csődbe ment Westinghouse tulajdonosa, a Toshiba ma még kevésbé valós lehetőség. Orosz reaktor és japán turbina együtt eddig példa nélküli. Miért választanának az oroszok közülük, amikor lehet színvonalas félig orosz ajánlat, vagy esetleg meg lehet nyerni az EU jóindulatát francia gyökerű, illetve német beszállítóval? A Toshibának akkor lett volna valamekkora esélye, ha Pakson a Westinghouse AP1000 reaktora létesülne (a Roszatom melletti döntés előtt velük is folytak konzultációk). A lényege az alábbi 1. táblázat foglalja össze.

Eddig a turbinára koncentráltunk, de ne felejtjük: a turbinaszigetet jóval több nagyberendezés alkotja. Csak egy rövid felsorolás: cseppleválasztó-túlhevítő, táptartály, gáztalanító, előmelegítők sorai, kondenzátorok és különféle szivattyúk – így akár betonházba telepített hűtővíz szivattyú is. És persze a villamos gépek: generátor, gerjesztő és különféle segédrendszereik (kenőolaj, víz- és hidrogénhűtés, stb.). Valamint a mindezt befogadó épület.

Egy tenderkiírásnak és ajánlatnak, így az árazásnak ezek is nagyon fontos összetevői. A prototípus Novovoronyezs II/1 orosz generátorának elhíresült 2016. novemberi földzárata sem javítja a termék esélyeit.

1. táblázat Előnyök és hátrányok a paksi turbinatenderen

Szállító	Ország	Mellette	Ellene
Alstom, AAEM	US-FR RU-US-FR	Arabelle: korszerű megoldás, EU, esély magyar beszállításra	Volgodonszk még felfutóban
Siemens	DE	nagyon jó lassú gép referenciák, EU, esély magyar beszállításra	konzervatív megoldás
Turboatom	UA	lassú gép referenciák	orosz-ukrán konfliktus
Szilovije Masini	RU	gyors gép referenciák	nem Roszatom cég, lassú gépet nem gyártott, tianwani tapasztalatok
Doosan Skoda	CZ (KR)	erős dél-koreai háttér	temelíni tapasztalatok
japánok	JP +...	jelentős referenciák	orosz kiválasztásuk kizárható

Záró gondolatok

A 70-es években iparpolitikai döntés volt a paksi blokkok turbinaszállítójának kiválasztása. A Láng Gépgyár helyett szovjet import győzött: az a már említett Turboatom kapott lehetőséget, amely ma a független Ukrajnában működik. Az akkoriban elég fejlett önálló magyar turbinagyártás további sorsa ezzel gyakorlatilag megpecsételődött. Most a kulcsrakész orosz szállítás miatt talán még kevesebb a magyar fél beleszólása. De ahogy láttuk, mégsem rossz az esélyünk a legkorszerűbb megoldásokra.

Irodalomjegyzék

- [1] Cserhúti A.: Reaktorkovácsok. Nukleon, 2014.09. <http://goo.gl/e6dEtp>
- [2] Сравнение тихоходных и быстроходных турбин мощностью 1000 МВт, НИИ «Техностандарт», Болгария, 2004.11.17. <http://goo.gl/Wf5DL1>
- [3] Steam turbines: how big can they get? ModernPowerSystems, 2007.08.01. <http://goo.gl/CgQRJz>
- [4] Носанкова, Л., Бурчева, А.: Особенности и отличия компоновки здания турбины АЭС-2006 с турбинами «Силловые Машины» и «Альстом Атомэнергомаши» на примере БмАЭС, Атомэнергопроект, Санкт-Петербург, 2013.03.05. <http://goo.gl/DdG95J>
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/Dampfmaschine>
- [6] Anglaret, P.: Nuclear Power Plants, The Turbine Island, Alstom, Paris, 2013.10.21. <http://goo.gl/AVIVcd>
- [7] Alstom chooses GE alliance. wno, 2014.06.21. <http://goo.gl/HXY8tS>
- [8] Engedne a GE az uniónak az Alstom-ügylet érdekében, Világgazdaság, 2015.05.13. <http://goo.gl/xmVOHl>
- [9] Turbinaszigetet szállítana az Alstom PAKS II-nek. Profitline, 2014.02.25. <http://goo.gl/CfjGSC>
- [10] Struken, D., Bernstrauch, O., Kloster R.: Steam Turbine Generator Packages for Advanced Nuclear Power Plants, Siemens, Singapore, 2010.11.2-4. <http://goo.gl/1pLQU8>
- [11] Nuclear Power Plant Unit Olkiluoto 3, TVO, Helsinki, 2011.12.13. <http://goo.gl/96w979>
- [12] Siemens: The Turbine Island for NPPs, Warsaw, 2006.06.1-2. <http://goo.gl/AgkB5k>
- [13] Noch stärkerer Stellenabbau im größten Werk in NRW befürchtet, WirtschaftsWoche, 2015.04.18. <http://goo.gl/Cv1J6Z>
- [14] Паровые турбины «Турбоатом» для АЭС, 2011.06.09. <http://goo.gl/MD04nw>
- [15] Zhang Yi Tianwan atomerőmű üzemviteli igazgató közlése a prágai VVER-2016 konferencián
- [16] Иванов С.А., Забродов С.Ю., Разработки турбоустановок для АЭС по проекту «ВВЭР ТОИ» на основе оборудования «Силловые машины» <http://goo.gl/LGNkby>
- [17] M. Kapic, L. Prchlik, M. Zoubek: Doosan Škoda Power turbines for saturated steam with output up to 1200 MWe, 2013 November, <http://goo.gl/gYFs6P>
- [18] Szoros lesz Paks II. turbinaversenye, Világgazdaság, 2015.06.05. <http://goo.gl/cAXCtR>