Gőzfejlesztők szintbeállítási idejének csökkentése blokk-visszaindulás során

Mészáros Krisztián, Fejes István Gábor

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.
7030 Paks, hrsz.: 8803/17.

A gőzfejlesztők L≤2300 mm-es szintbeállítására (kritikus úton lévő művelet) feltöltött állapotból a blokk fő- illetve kisjavításról történő visszaindulása során a felfűtési fázisban, ~160 °C primerköri átlaghőmérséklet elérésekor kerül sor. Az ürítések kezdetén a gőzfejlesztőkben a szekunderoldali közeg hőmérséklete ~140 °C. Ez a hőmérséklet folyamatosan növekszik a primer kör és szekunder kör párhuzamosan történő felmelegedése során. A szintbeállításhoz használt primerköri technológiai hőcserélők gyenge hűtési teljesítménye, párhuzamos üzeme, valamint az azokat megtápláló technológiai hűtővíz évszaktól függő hőmérsékleti paramétere és a berendezések hőterhelésének csökkentése miatt a szintbeállítások szakaszosan, valamint alacsony térfogatárammal végezhetők. Jellemzően a szintbeállítási idők 10-12 óra időtartamra adódnak. Az ismertetésre kerülő technológiai átalakítással a gőzfejlesztő-szintbeállításokat folyamatosan, az ürítési útvonal elemeinek kímélésével, valamint jelentős ~5-6 óra időmegtakarítással lehet elvégezni a jövőben.

A gőzfejlesztő-ürítések és szintbeállítások végrehajtásának bemutatása a blokk visszaindulása során

A gőzfejlesztők (GF) szintbeállítására a blokk visszaindulásakor, a felfűtési fázisban kerül sor. A blokk M4, meleg üzemállapotban van, a blokki paraméterek a következők:

- primerköri nyomás p ≈ 36 bar
- primerkör hőmérséklete TI » 160 ˚C
- 2 ÷ 5 db fő keringtető szivattyú (FKSZ) üzemben
- lehűtő rendszer üzemel
- GF nyomások p ≈ 6 ÷ 8 bar

A gőzfejlesztők és a főgőzkollektor közege a KiESZ (Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat) szerint kibocsátható, és a kibocsátási engedély rendelkezésre áll.

A *PR04 kezelési utasítás 8.4.6 pontja szerint ebben az állapotban, a lehűtő rendszer leállítását és üzemből kivételét követően kell elkezdeni a gőzfejlesztők visszaürítését egyenként 2700-3000 mm szintig, majd ezután az összes gőzfejlesztőt együtt L ≤ 2300 mm értékig.

A gőzfejlesztők egyenkénti, illetve csoportos ürítése a periodikus leiszapoló armatúrákon keresztül történik. A gőzfejlesztő-leiszapolás útvonala: *RZ01 kollektor ⇒ *RZ04W001, és *RZ06W002 hőcserélők párhuzamosan, ⇒ majd az 5. számú víztisztító szűrősor kerülőn át ⇒ *RZ18B001 ellenőrző tartály ⇒ *RZ20 csővezetéken keresztül a szekunder körbe ⇒ *RV21B001 csurgalékvíz gyűjtő tartály.

A gőzfejlesztő-ürítéseket L ≤ 2300mm szintig T = 190˚C primerköri átlaghőmérséklet eléréséig kell elvégezni.

A gőzfejlesztő-ürítések és szintbeállítások során felmerülő problémák bemutatása

Az ürítések kezdetén a gőzfejlesztőben a szekunderoldali vízhőmérséklet T ≈ 140 ˚C-os. Ez a hőmérséklet folyamatosan növekszik a primer kör felfűtése során.

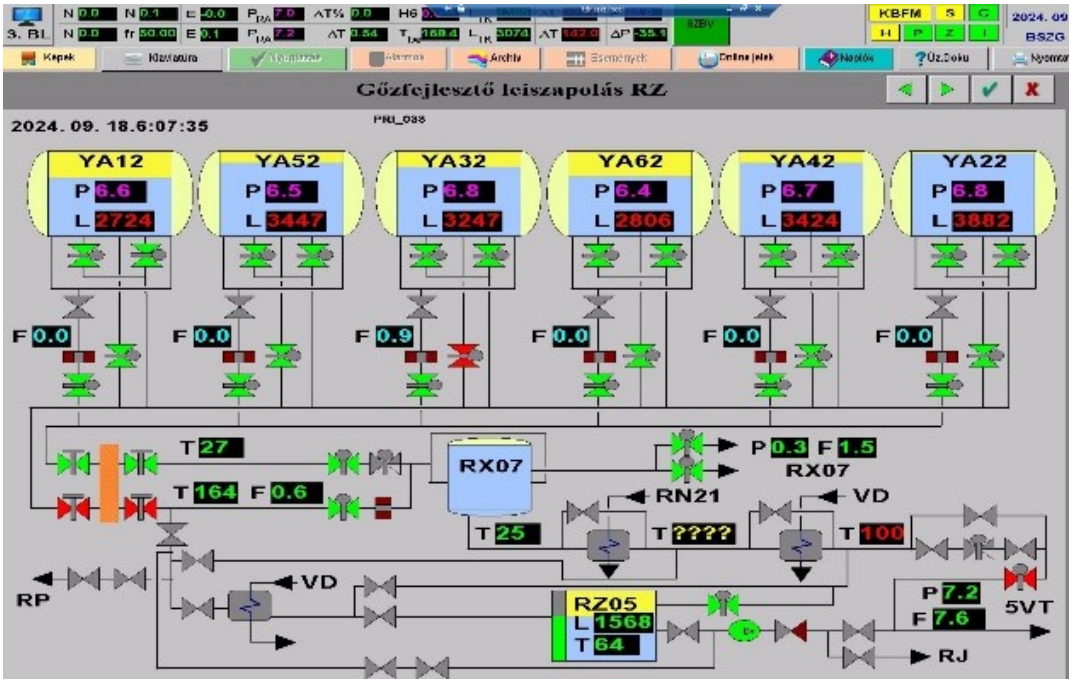
Az *0RZ06W001-es hőcserélőt nem lehet üzembe venni, mert a hűtését biztosító *RN21 és *RN44 csővezetéken a szekunder kör nem tud megfelelő mennyiségű forgalmat biztosítani, mivel a kisnyomású előmelegítő soron ebben az állapotban nincs főkondenzátum forgalom.

Már a kezdeti T ≈ 140 ˚C-os hőmérséklet is magas az ürítési útvonal *0RZ04W001 hőcserélőjének. A hőcserélő hűtési teljesítménye, a hőcserélőre menő technológiai hűtővíz (VD) mennyisége és hőmérséklete nem elegendő ahhoz, hogy a magas szekunderköri vízhőmérséklet miatt az egyes gőzfejlesztők ürítését egy lépésben el lehessen végezni. Rendszerint az ürítés során az RZ04 és RZ12 kollektorokban a víz hőmérséklete meghaladja a forráspontot. Ezért az ürítések alkalmával legtöbbször megsérül a hőcserélő technológia- és hűtővíz oldala közötti tömítés. A tömítés sérülése miatt a hőcserélőt ki kell venni üzemből. A hőhatás miatt a tömítőfelületek deformálódhatnak, ezáltal nehezebbé válik a technológia- és hűtővíz oldal szétválasztása.

A leírtak miatt az ürítést szakaszosan lehet elvégezni. Az *0RZ04W001 hőcserélő (utóhűtő) alacsony hűtési teljesítménye miatt az ürítést többször meg kell szakítani, hogy vissza tudjanak hűlni a csővezetékek és a hőcserélő, ez a visszaindulás kritikus útjánál is időtöbbletet okoz.

A 3. blokki blokkszámítógép sémaképen (1. ábra) látható, hogy az ürítések során a hőcserélők utáni hőmérséklet eléri a T = 100 ˚C-ot.

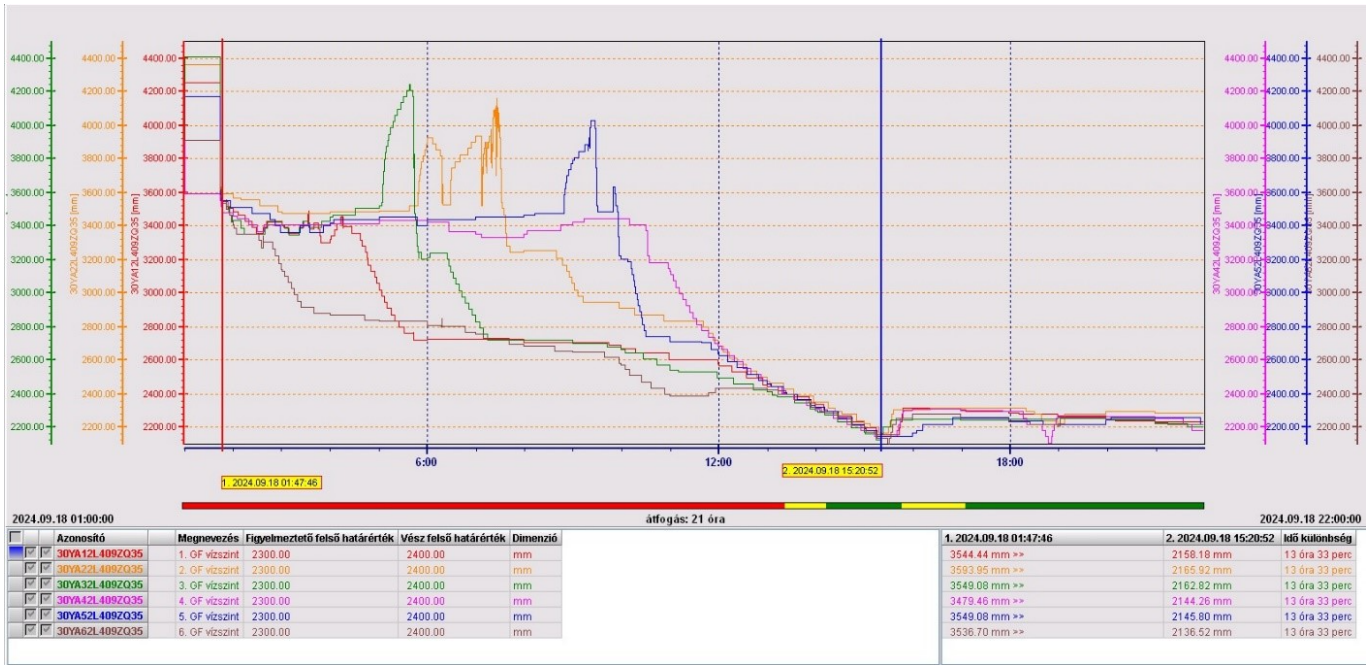
Kontakt: meszarosk@npp.hu
© Magyar Nukleáris Társaság, 2025
Beérkezett: 2025. február 4.
Közlésre elfogadva: 2025. március 7.



1. ábra: Gőzfejlesztők szintbeállítása

A szakaszos ürítések miatt az *RZ04 és *RZ12-es csővezetékekben maradt közeg visszahűl, majd az ürítés folytatásakor a ráengedett magas hőmérsékletű víz miatt kigőzöl, ami vízütést eredményez, ezáltal erodálva a csővezetékek falát és varratait. Ilyen módon végzett gőzfejlesztő-szintbeállítás esetén magas hőmérsékletű víz jut az *0RZ18-as ellenőrző tartályokba, majd vissza a szekunder körbe. Az *0RZ18-as tartályok rendszeres kigőzölése tapasztalható ebben az időszakban. A szakaszos ürítés - visszahűlés (L ≈ 2700 ÷ 3000 mm-ig) miatt egy gőzfejlesztő visszaürítése több órát vesz igénybe. Ez a 6 db gőzfejlesztő esetén jelentős. Ezután következik az összes gőzfejlesztő ürítése egyszerre, szintén szakaszosan, L≤2300 mm-ig. Archív adatok alapján (2. ábra) az ürítések megkezdése és a végleges szintbeállítások között kb. 12 ÷ 14 óra telik el.

Gőzfejlesztőnként V ≈ 35÷40 m^3 vizet kell leüríteni (főgőzkollektorral együtt). A 6 db gőzfejlesztő tekintetében ez V1-6GF ≈ 210 ÷ 240 m3 víz. Az ürítés F ≈ 7÷12 t/h-val végezhető, és ennél az ürítési tömegáramnál is fennáll az *0RZ04W001-es hőcserélő tömítéssérülésének lehetősége.



2. ábra: Szintbeállítási idők

© Magyar Nukleáris Társaság, 2025

A gőzfejlesztőürítések és szintbeállítási problémák lehetséges műszaki megoldásának bemutatása

A 3. és 4. blokkon időközben egy műszaki átalakítással lehetővé vált már ebben az állapotban is az *RZ06W001 (*RM kiskörön üzemel -*RN21-*RZ06W001-*RN44S009 (új átkötés) -*RV21B001) főkondenzátummal való megtáplálása. Az átalakítás a gőzfejlesztő-ürítéshez és szintbeállításhoz a *0RZ06W001 hőcserélő és *0RZ06W002 utóhűtő soros (normál üzemi állapot) üzemeltetésével lehetőséget biztosít. Az 1. és 2. blokkon az elkövetkező teljes zónakirakások során hasonló módon kiépítésre kerül a megtáplálási lehetőség.

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a *0RZ06W001 hőcserélő és a mellé üzembe vett *0RZ06W002 utóhűtő hatékonysága miatt a gőzfejlesztő-szintbeállításokat akár F ≈ 30÷35 t/h tömegárammal folyamatosan lehet végezni, az *RZ15-ös szűrősor kerülő vezetékén keresztül a *0RZ18-as ellenőrző tartályba. Mivel az ürítési útvonal megkerüli a *0RZ15-ös szűrősort, nem kell figyelembe venni a szűrőgyanta védelme miatti T = 50 ˚C - maximális kimenő hőmérsékletet. A mellékelt sémaképen (3. ábra) látható, hogy üzemi körülmények között T = 44 ˚C-os a szűrősor felé menő víz hőmérséklete F = 22,1 t/h-s tömegáram mellett. A *0RZ06W001-es hőcserélőre T = 163 ˚C-os víz megy, amit lehűt T = 47 ˚C-ra. Nem fog kigőzölni a víz a kollektorokban, hőcserélőben, nem lesz vízütés.

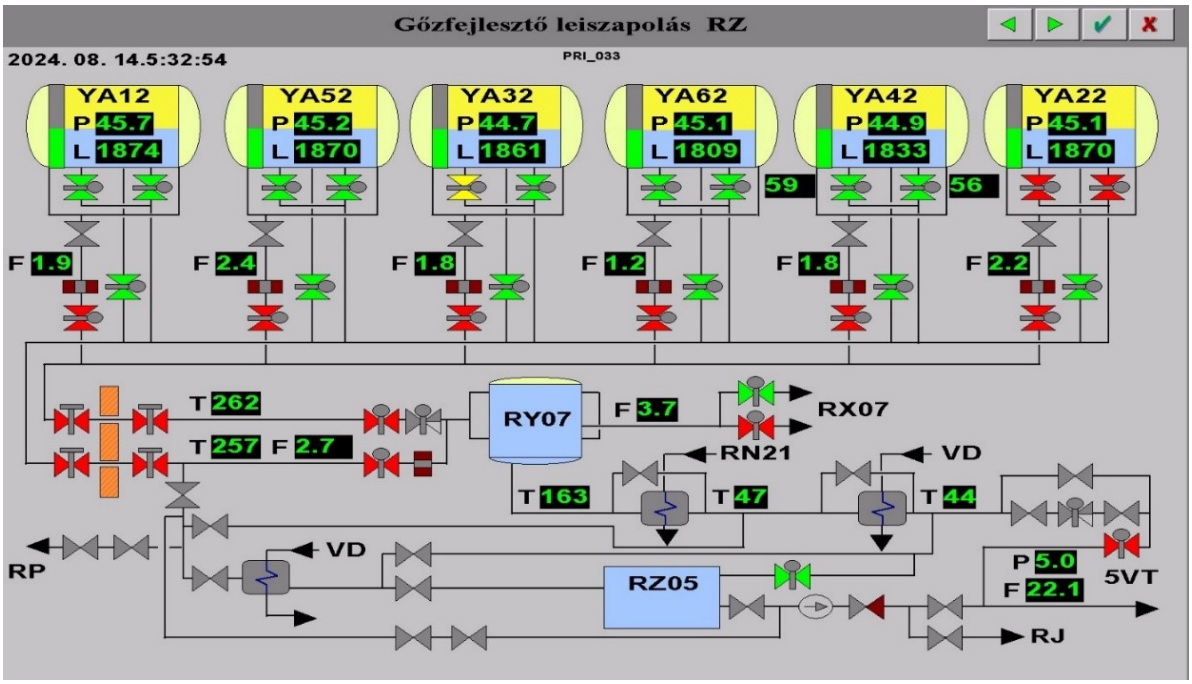
Látható, hogy párhuzamosan a *RZ04W001 és *RZ06W002-n keresztül végzett F≈7÷12 t/h tömegáramú ürítés – az előzőekben leírtak miatt – többszörösére növelhető. A gőzfejlesztők ürítése és névleges szintjének beállítási ideje konzervatívan számolva minimum a felére csökkenthető. A meghatározott tömegáramok alapján a szintbeállításokat folyamatosan végezve, az ürítések ~5÷6 óra alatt végrehajthatók. Ezzel a megoldással az RZ04 és RZ12 csővezetékek és varrataik vízütéses igénybevételét is meg lehet szüntetni.

Ebben az üzemállapotban nem lehet üzembe venni a *0RX07B001-es expander tartályt, mivel a főgőzkollektorban még alacsony a nyomás, ~5÷6 bar.

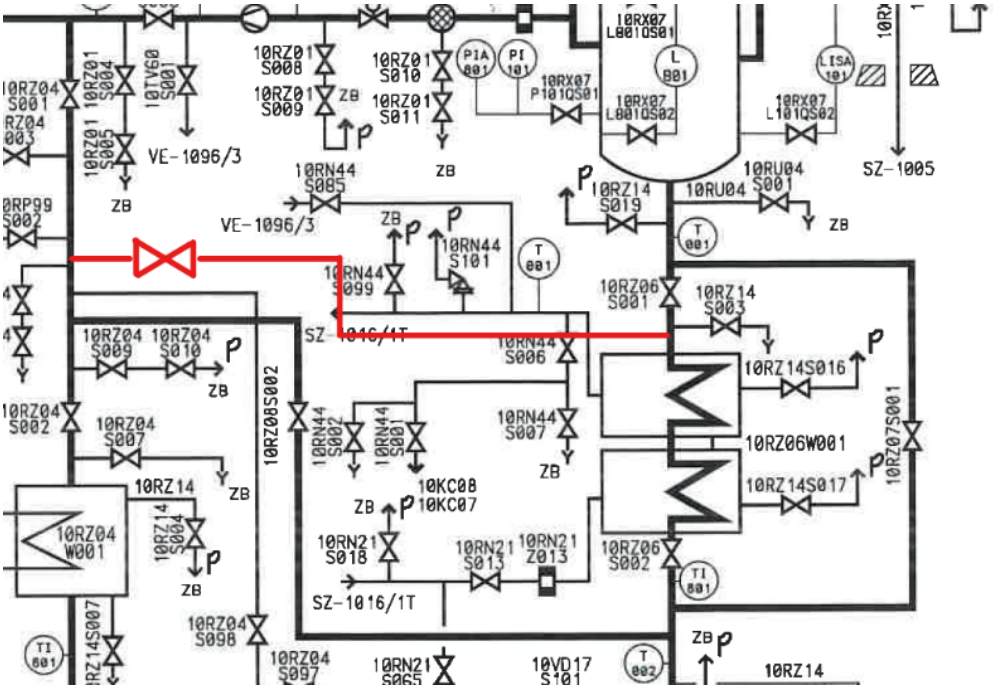
A fent leírt gőzfejlesztő-ürítéseket és szintbeállításokat egy minimális átalakítással – csővezetéki átkötés rajta egy kizáró armatúrával – lehetne megvalósítani. Az ürítések az *RZ01-RZ04-es útvonalon mennének úgy, hogy az RZ04-es kollektorból a *0RZ06W001 hőcserélőre menjen az ürítendő közeg. Az RZ06 kollektor mérete ø89x3,2, az RZ04 kollektor mérete ø76x4,5. Az RZ04-es kollektoron 4 bar-os gőzfejlesztőnyomás mellett F≈100 t/h maximális tömegáram hozható létre.

A fent leírt gőzfejlesztő-ürítések tömegáramai nagy tartalékkal biztosíthatók lennének.

Ehhez ki kell alakítani egy átkötést az RZ04 és RZ06 kollektor között a 4. ábra szerint.

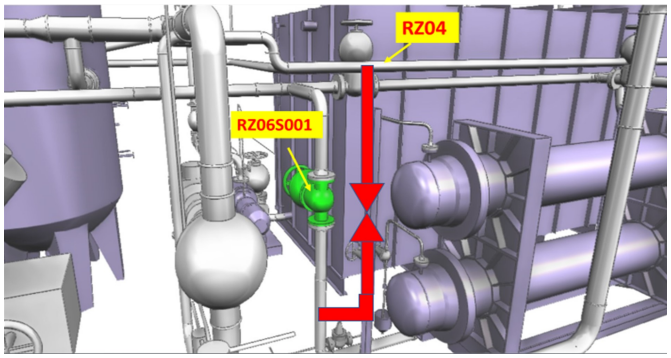


3. ábra: Gőzfejlesztő leiszapolás normál üzemi paraméterek



4. ábra: A tervezett átalakítás sematikus rajza

A fent leírt átalakítás mértéke az 1. blokki 3D modellt figyelembe véve az 5. számú ábrán látható.



5. ábra: A tervezett átalakítás 3D rajza

Következtetések

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a bemutatott műszaki átalakítással – egy pár méteres átkötéssel, 1 db armatúrával, 2 db „T" idommal és egy csőívvel – a visszaindítási kritikus úton levő gőzfejlesztő-ürítési és szintbeállítási idők a jelenlegi gyakorlattal szemben (~10-12 óra) konzervatívan számolva is legalább a felére csökkenthetők (~5-6 óra). A blokk felfűtését folyamatosan lehet végezni.

A csővezetékek, armatúrák és hőcserélők folyamatos üzemeltetésével pedig a káros hőfeszültségek és dinamikus igénybevételek elkerülhetők, amelyekkel a berendezések rendelkezésre állása és megbízhatósága növekedni fog.

Irodalomjegyzék

Az MVM Paksi Atomerőmű belső használatra szánt anyagai kerültek felhasználásra a cikk megírásához.

© Magyar Nukleáris Társaság, 2025