

G21C 13/02 (2006.01)
G21C 13/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

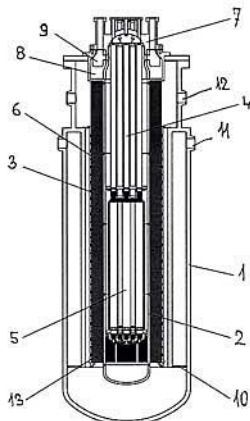
(21) Číslo přihlášky: **2022-252**
(22) Přihlášeno: **09.06.2022**
(40) Zveřejněno: **16.08.2023**
(Věstník č. 33/2023)
(47) Uděleno: **07.07.2023**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **16.08.2023**
(Věstník č. 33/2023)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2003112918 A1; WO 2022035871 A2; US 2018226159 A1.

(73) Majitel patentu:
Witkowitz Atomica a.s., Praha 1, Nové Město, CZ
(72) Původce:
Bc. Martin Groch, MBA, Praha 7, Holešovice, CZ
Ing. Petr Králík, CSc., Praha 6, Vokovice, CZ
(74) Zástupce:
Patent-K s.r.o., Husníkova 2086/22, 158 00 Praha
5, Stodůlky

(54) Název vynálezu:
Modulární tlakovodní jaderný reaktor

(57) Anotace:
Modulární tlakovodní jaderný reaktor obsahuje hermeticky uzavřenou vnitřní reaktorovou nádobu (2), uvnitř které je aktivní zóna (5) s palivovými články a která je umístěna ve vysokotlaké vnější reaktorové nádobě (1), opatřené vstupními nátrubky (11), výstupními nátrubky (12) a eliptickým dnem. Mezi vnitřní reaktorovou nádobou (2) a vnější reaktorovou nádobou (1) jsou umístěny trubičky (3) s teplosměnnou kapalinou chráněné ochranným krytem (6) a vnitřní reaktorová nádoba (2) a vnější reaktorová nádoba (1) jsou opatřeny víkem (7) s tlakovou komorou (8), pouzdem (9) čerpadla a u svého dna laminátorem (10).



Modulární tlakovodní jaderný reaktor

Oblast techniky

5

Vynález se týká modulárního tlakovodního jaderného reaktoru využívajícího k výrobě tepla nízkoobohacené jaderné palivo s předpokládanou výrobou elektrického rozsahu 2 až 100 MW.

10 Dosavadní stav techniky

Z technické praxe jsou známa různá řešení jaderných reaktorů, které jsou tlakovodního typu, avšak většinou nemají nucené ochlazování aktivní zóny a palivo je vyměňováno standardním způsobem jako u velkých reaktorů.

15

Nebylo nalezeno řešení, které by umožňovalo rozsáhlou unifikaci výkonových řad.

Podstata vynálezu

20

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny modulárním tlakovodním jaderným reaktorem podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že obsahuje hermeticky uzavřenou vnitřní reaktorovou nádobu, uvnitř které je aktivní zóna s palivovými články a která je umístěna ve vysokotlaké vnější reaktorové nádobě, opatřené vstupními nátrubky, výstupními nátrubky a eliptickým dnem. Mezi vnitřní reaktorovou nádobou a vnější reaktorovou nádobou jsou umístěny trubičky s teplosměnnou kapalinou chráněné ochranným krytem. Vnitřní reaktorová nádoba a vnější reaktorová nádoba jsou opatřeny víkem s tlakovou komorou, pouzdrům čerpadla a u svého dna laminátorem.

25

30 Teplosměnná kapalina s výhodou obsahuje kyselinu boritou.

Dno vnější reaktorové nádoby je ve výhodném provedení vyplněné olovem jako zabezpečujícím prvem pro případnou nepředpokládanou havárii.

35 Konstrukce aktivní zóny je plně v kompetenci výhradního dodavatele paliva. Bezpečnost činnosti zařízení je dále zajištěna stavebním umístěním v podzemním betonovém prostoru opatřeném obličovkou z nerezavějící oceli nebo na mořsko-říčním plavidle nebo v kontejnerové úpravě pro silniční nebo železniční přepravu.

40 Koncepční řešení využívá materiálů a chlazení aktivní zóny osvědčeným dlouholetým způsobem.

Uvedené řešení poskytuje výrobní unifikaci ve výkonových řadách zdroje nebo konečného užití.

45 Objasnění výkresů

Modulární tlakovodní jaderný reaktor podle tohoto vynálezu bude podrobněji popsán na konkrétním příkladě provedení s pomocí přiloženého výkresu, kde je na obr. 1 znázorněn schematicky v nárysu.

50

Příklady uskutečnění vynálezu

55 Příkladný modulární tlakovodní jaderný reaktor obsahuje hermeticky uzavřenou vnitřní reaktorovou nádobu 2, uvnitř které je aktivní zóna 5 s palivovými články. Vnitřní reaktorová

nádoba 2 je umístěna ve vysokotlaké vnější reaktorové nádobě 1, opatřené vstupními nátrubky 11, výstupními nátrubky 12 a eliptickým dnem. Mezi vnitřní reaktorovou nádobou 2 a vnější reaktorovou nádobou 1 jsou umístěny trubičky 3 s teplosměnnou kapalinou obsahující kyselinu boritou, chráněné ochranným krytem 6. Vnitřní reaktorová nádoba 2 a vnější reaktorová nádoba 1 jsou opatřeny víkem 7 s tlakovou komorou 8, pouzdem 9 čerpadla a u svého dna laminátorem 10. Dno vnější reaktorové nádoby 1 je vyplněné olovem jako zabezpečujícím prvkem pro případnou nepředpokládanou havárii.

Příkladný malý modulární reaktor je tlakovodní jaderný reaktor, jehož charakteristickým rysem je přítomnost přídavného uzavřeného okruhu cirkulace chladiva. Hmotnost reaktoru s palivem je cca 323 t. Výška reaktoru bez pohonů řídicích tyčí je cca 13 m. Maximální průměr, bez nátrubků, je 4350 mm.

Konstrukčně se reaktor skládá z vnější reaktorové nádoby 1 a hermetické vnitřní reaktorové nádoby 2. Vnější reaktorová nádoba 1 je tvořena vertikální válcovou vysokotlakovou nádobou se vstupními nátrubky 11 a výstupními nátrubky 12 chladiva a eliptickým dnem. Válcová vnější část vnější reaktorové nádoby 1 se skládá ze čtyř plášťů a vnitřní ze tří. Příruba vnější reaktorové nádoby 1 má 54 otvorů pro šrouby M100 x 6. Materiálem pláště je vysoce kvalitní konstrukční legovaná ocel, obvykle 15Cr2NiMoVA nebo její ekvivalent. Vnitřní povrch tělesa a přírub je pokryt korozivzdornou povrchovou úpravou. Hmotnost vnější reaktorové nádoby 1 je přibližně 243 tun. Geometrie vnitřní části vnější reaktorové nádoby 1 zajišťuje organizaci průtoku chladiva sekundárního okruhu.

Vnitřní reaktorová nádoba 2 se skládá z tělesa, soustavy teplosměnných trubiček 3, ochranného krytu 6 a víka 7. Těleso vnitřní reaktorové nádoby 2 se skládá ze čtyř plášťů, eliptického dna a speciální příruby. Spodní plášť a speciální příruba jsou perforované pro montáž soustavy teplosměnných trubiček 3. Speciální příruba má 54 otvorů pro připevnění vnitřní reaktorové nádoby 2 k vnější reaktorové nádobě 1. Víko 7 má složitou strukturu. Horní část má eliptický tvar a odbočné trubky jsou přivařeny k vnějšmu povrchu a určeny k instalaci pohonů řídicích tyčí a hlavního cirkulačního čerpadla. Pouzdra 9 hlavního cirkulačního čerpadla jsou připevněna k vnitřní válcové straně víka 7. Příruba víka 7 má 44 otvorů pro připojení víka 7 k vnitřní reaktorové nádobě 2. Materiál víka 7 a vnitřní reaktorové nádoby 2 odpovídá materiálu vnější reaktorové nádoby 1. Aktivní zóna 5 se nachází uvnitř vnitřní reaktorové nádoby 2, skládající se z 19 palivových souborů, bloku 4 ochranných trub a základní desky 13. Konstrukce víka 7 a vnitřní reaktorové nádoby 2 tvoří tlakovou komoru 8, uvnitř které jsou umístěna tělesa čerpadel. Tlaková komora 8 je spojena se spodní částí vnitřní reaktorové nádoby 2 soustavou teplosměnných trubiček 3. Celkový počet trubiček 3 v soustavě je 4158. Teplosměnné trubičky 3 mají šestiúhelníkový tvar průřezu, přičemž v místech připojení je kulatý, pro velikost na klíč 16 mm. Tloušťka stěny je 1,5 mm a délka trubiček 3 je 8200 až 9000 mm. Hmotnost jedné trubičky 3 je přibližně 5 kg. Celková teplosměnná plocha trubiček 3 je 1900 m². Materiál trubiček 3 je korozivzdorná legovaná ocel. Kolem soustavy teplosměnných trubiček 3 je umístěn ochranný kryt 6, určený k ochraně teplosměnných trubiček 3 během přepravy vnitřní reaktorové nádoby 2 a její instalace ve vnější reaktorové nádobě 1. Celková hmotnost vnitřní reaktorové nádoby 2 s palivem je 80 tun.

Uzavřený objem vnitřní reaktorové nádoby 2 je primárním cirkulačním okruhem reaktoru. Nucený oběh chladiva primárního okruhu zajišťují hlavní cirkulační čerpadla umístěná v tlakové komoře 8. Při průchodu chladiva primárního okruhu přes aktivní zónu 5 se zahřívá, následně vstupuje do horní části vnitřní reaktorové nádoby 2. Dále hlavní cirkulační čerpadla pumpují chladivo primárního okruhu do tlakové komory 8, odkud vstupuje do teplosměnných trubiček 3. Když chladivo primárního okruhu prochází soustavou teplosměnných trubiček 3, probíhá proces přenosu tepla do chladiva sekundárního okruhu. Poté ochlazené chladivo primárního okruhu vstupuje do spodní části vnitřní reaktorové nádoby 2, prochází eliptickým usměrňovačem proudění a je nasměrován do aktivní zóny 5.

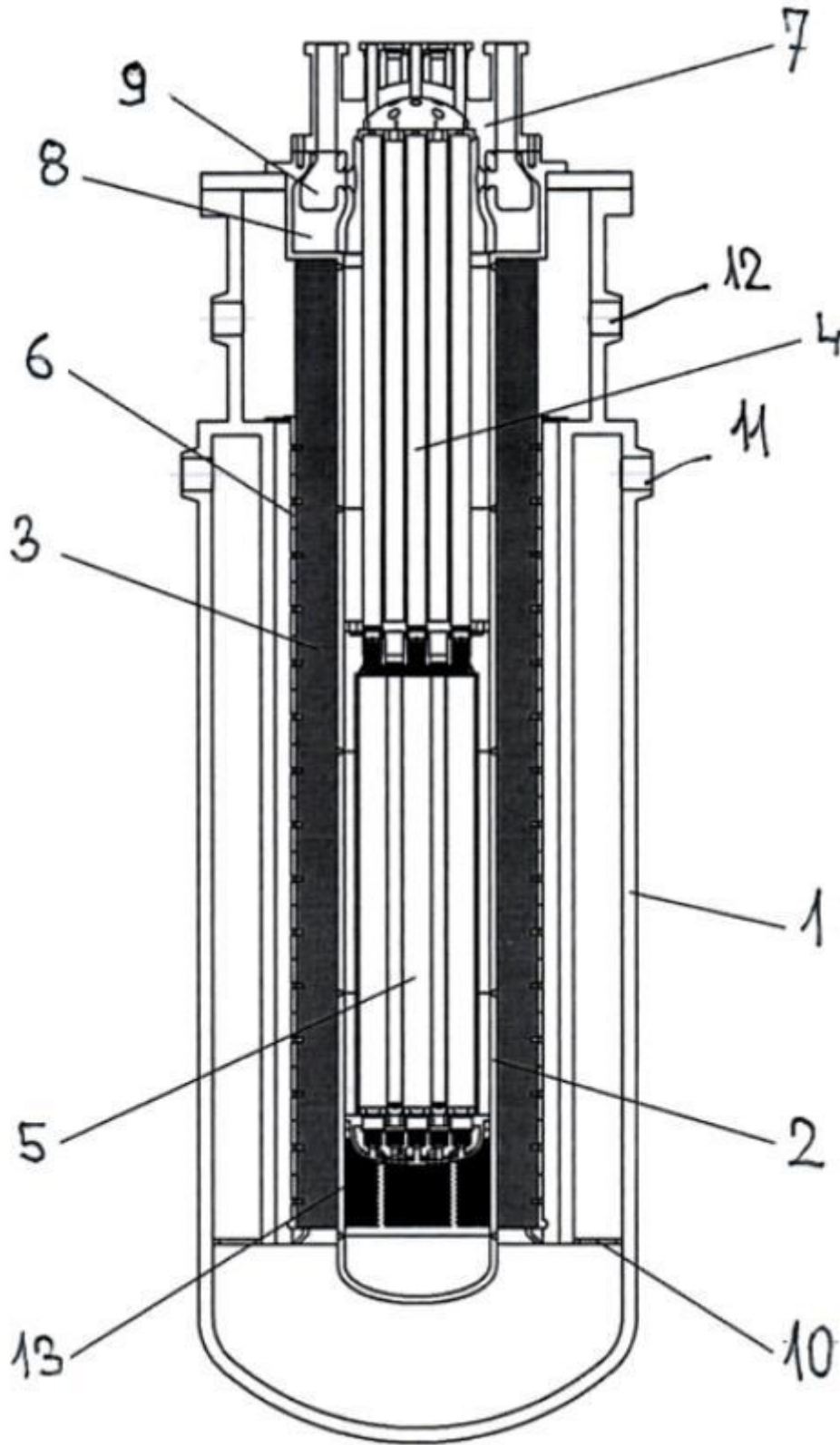
Průmyslová využitelnost

- 5 Modulární tlakovodní jaderný reaktor podle tohoto vynálezu nalezne uplatnění především jako záložní zdroj elektrické energie v komunální energetice, při výrobě elektrické energie a tepla, jako stabilní ekologický zdroj tepla a energie.

PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Modulární tlakovodní jaderný reaktor, obsahující hermeticky uzavřenou vnitřní reaktorovou nádobu (2), uvnitř které je aktivní zóna (5) s palivovými články a která je umístěna ve vysokotlaké vnější reaktorové nádobě (1), opatřené vstupními nátrubky (11), výstupními nátrubky (12) a eliptickým dnem, **vyznačující se tím**, že mezi vnitřní reaktorovou nádobou (2) a vnější reaktorovou nádobou (1) jsou umístěny trubičky (3) s teplosměnnou kapalinou chráněné ochranným krytem (6), a že vnitřní reaktorová nádoba (2) a vnější reaktorová nádoba (1) jsou opatřeny víkem (7) s tlakovou komorou (8), pouzdrem (9) čerpadla a u svého dna laminátorem (10).
- 10 2. Modulární tlakovodní jaderný reaktor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že teplosměnná kapalina v trubičkách (3) obsahuje kyselinu boritou.
- 15 3. Modulární tlakovodní jaderný reaktor podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že je dno vnější reaktorové nádoby (1) je vyplněné olovem jako zabezpečujícím prvkem pro případnou nepředpokládanou havárii.

1 výkres



Obr. 1