

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

37 149

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G21C 7/14 (2006.01)

G21C 7/08 (2006.01)

G21C 9/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2023-40918**

(22) Přihlášeno: **20.04.2023**

(47) Zapsáno: **23.06.2023**

(73) Majitel:
VVV MOST spol. s r. o., Malé Březno, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavel Hartman, Most, CZ
Ing. Martin Zuda, Most, CZ
Ing. Tomáš Jochman, Most, CZ
Ing. Tomáš Kořínek, Ph.D., Česká Lípa, CZ
Ing. Martin Lovecký, Ph.D., Plzeň, Bolevec, CZ
Ing. Tomáš Peltan, Strmilov, CZ
prof. Ing. Radek Škoda, Ph.D., Liberec, Liberec II-
Nové Město, CZ
Ing. Eva Vilímová, Písek, Hradiště, CZ
Ing. Jiří Závorka, Ph.D., Lizebnice, CZ

(74) Zástupce:
POLÁČEK a kol. Patentová a známková kancelář,
Ing. Josef Dvořák, Ph.D., Dominikánská 287/6,
301 00 Plzeň, Vnitřní Město

(54) Název užitého vzoru:
**Mechanický systém řízení reaktivity pro
malé modulární reaktory**

Mechanický systém řízení reaktivity pro malé modulární reaktory

Oblast techniky

5

Technickým řešením je mechanický systém řízení reaktivity pro malé modulární reaktory obsahující absorpční regulační tyče a palivové kanály umístěné v reaktoru, přičemž v prostoru uvnitř reaktoru se nachází moderátor.

10

Dosavadní stav techniky

Mechanické systémy řízení reaktivity pro malé modulární reaktory (SMR) jsou určeny k řízení reaktivity jaderného reaktoru. Reaktivita je parametr, který udává, v jakém stavu a jakou rychlostí reaktor mění svůj výkon. Cílem těchto systémů je zajistit, aby reaktor zůstal stabilní. Toho se dosáhne tehdy, když rychlost štěpných reakcí zůstává v bezpečných mezích a dle požadavků řídicího systému reaktoru.

Jedním ze základních systémů řízení reaktivity pro SMR je použití absorpčních tyčí zasouváných do aktivní zóny. Aktivní zóna reaktoru je část reaktoru, kde se nachází jaderné palivo společně s moderátorem a kde dochází k řízené štěpné řetězové reakci. Tyto absorpční elementy jsou vyrobeny ze speciálních materiálů, které se vyznačují vysokou pravděpodobností absorpce neutronů, což umožňuje řídit štěpnou řetězovou reakci.

Běžně se na energetických reaktorech využívají mechanismy pohonu absorpčních tyčí, které se spoléhají na působení gravitace při zasouvání absorpčních tyčí do aktivní zóny reaktoru. Tyto pasivní systémy poskytují další úroveň jaderné bezpečnosti v případě ztráty napájení pohonů řídicích tyčí nebo jiné havarijní situace, kdy je vyžadováno okamžité odstavení reaktoru.

Konkrétní konstrukce mechanického systému řízení reaktivity v SMR závisí na konstrukci a provozních vlastnostech daného typu jaderného reaktoru. Důležitým prvkem moderních konstrukcí SMR jsou však pokročilé řídicí mechanismy, které mohou rychle a přesně regulovat reaktivitu reaktoru.

Další možností, jak řídit štěpnou řetězovou reakci v reaktoru, jsou vyhořívající absorbátory přidávané přímo do jaderného paliva v podobě oxidu gadolinia či jiných materiálů s vhodnými absorpčními vlastnostmi. Případně je možné i použití rozpuštěného absorbátoru neutronů v moderátoru, změny hladiny moderátoru v nádobě reaktoru, změny pohybu reflektoru či změny průtoku moderátoru.

40

Ze stavu techniky je známo řešení popsané v dokumentu EP 1939890 A2, jehož cílem je zajištění potřebného tlumicího účinku při pohybu absorpční tyče směrem dolů pomocí hydraulického systému obsahujícího píst spojený s absorpční tyčí, který se pohybuje v pístnici. Z dokumentu US 20150187446 A1 je známo obdobné řešení sestavy pohonu absorpčních tyčí na bázi hydraulického mechanismu. Z dokumentu US 8537962 B1 je známo řešení hydraulického pohonu absorpčních tyčí reaktoru. U všech těchto řešení jsou absorpční tyče vzájemně propojeny s hlavním zdvihovým hřídelem.

Podstata technického řešení

Technickým řešením je mechanický systém řízení reaktivity pro malé modulární reaktory obsahující regulační absorpční tyče a palivové kanály umístěné v reaktoru, přičemž v prostoru uvnitř reaktoru se nachází moderátor. Alespoň jedna absorpční tyč je opatřena vnějším ozubením zasahujícím do vnějšího ozubení rotačního členu, otočně uloženého vůči rámu reaktoru, přičemž

55

rotační člen je spojen se zdrojem točivého momentu. Absorpční tyče zahrnují regulační, kompenzační a havarijní tyče.

Výhodné je, pokud jsou rotační člen a absorpční tyč uloženy ve vodícím pouzdru, čímž je regulován směr pohybu absorpční tyče a poloha rotačního členu.

Výhodné je, pokud je mezi rotační člen a zdroj točivého momentu je včleněna spojka. Spojka umožňuje změny nastavení otáček rotačního členu. V případě použití elektromagnetické spojky je umožněno rychlé uvolnění rotačního členu a tím pádem i absorpční tyče. Absorpční tyč se následně vlivem gravitace posune směrem do aktivní zóny, čímž je zpomalena štěpná reakce v příslušné části reaktoru.

Dále je výhodné, pokud je mezi rotační člen a zdroj točivého momentu je včleněna převodovka umožňující nastavení otáček rotačního členu a tím pádem absorpční tyče.

Výhodou tohoto řešení je, že umožňuje ovládání polohy absorpčních tyčí s eliminací rázů pomocí zpětnovazební regulace.

20 Objasnění výkresů

Na obr. 1 je znázorněn pohled na řez malým modulárním reaktorem, ve kterém jsou vloženy palivové tyče a absorpční tyče.

Na obr. 2 je schematicky znázorněn mechanický systém na řízení reaktivity na pro malé modulární reaktory v případě pro jednu absorpční tyč.

Na obr. 3a je znázorněno příkladné provedení části absorpční tyče s vnějším ozubením, na obr. 3b je znázorněno ozubené kolo v řezu, které je nasazeno na hřídeli a tvoří rotační člen, a na obr. 3c je znázorněn boční pohled na ozubené kolo tvořící rotační člen.

Příklady uskutečnění technického řešení

Mechanický systém řízení reaktivity pro malé modulární reaktory obsahuje absorpční tyče A kruhového průřezu. Absorpční tyče A a palivové kanály K jsou umístěny v reaktoru 1. Absorpční tyče A jsou z materiálu s vhodnými neutronovými vlastnostmi k řízení štěpné řetězové reakce. V prostoru uvnitř aktivní zóny reaktoru 1 se nachází moderátor M. V tomto příkladném provedení jsou absorpční tyče A opatřeny korigovaným vnějším ozubením o zasahujícím do korigovaného vnějšího ozubení o' rotačního členu R. V tomto provedení je rotačním členem R hřídel, na který je nasazeno ozubené kolo. Poloha ozubeného kola je na hřídeli zajištěna perem nebo drážkováním. Rotační člen R je otočně uložen vůči rámu reaktoru 1 a je uložen v ložiskách L. Rotační člen R a absorpční tyč A jsou uloženy v pouzdře O a jsou spojeny s rámem reaktoru 1. Průměr pouzdra O je maximálně o 5 % větší než je vnější průměr kruhové absorpční tyče A. Rotační člen R je spojen se zdrojem Z točivého momentu. Zdrojem Z točivého momentu je elektromotor. Mezi rotační člen R a zdroj Z točivého momentu je včleněna elektromagnetická spojka S. Mezi elektromagnetickou spojkou S a zdrojem Z točivého momentu je včleněna převodovka P. Pro sledování aktuálního stavu polohy absorpčních tyčí A a zavedení zpětné vazby do polohové regulace pohonu je na horní části absorpčních tyčí A umístěn senzor S' polohy.

Zdroj Z točivého momentu roztáčí rotační člen R, který je v tomto příkladném provedení tvořen hřídelem, na kterém je uloženo ozubené kolo opatřené vnějším ozubením o'. Odvalováním ozubení o na absorpční tyči A po ozubení o' dochází k vertikálnímu posunu absorpční tyče A z/do aktivní zóny reaktoru 1.

Průmyslová využitelnost

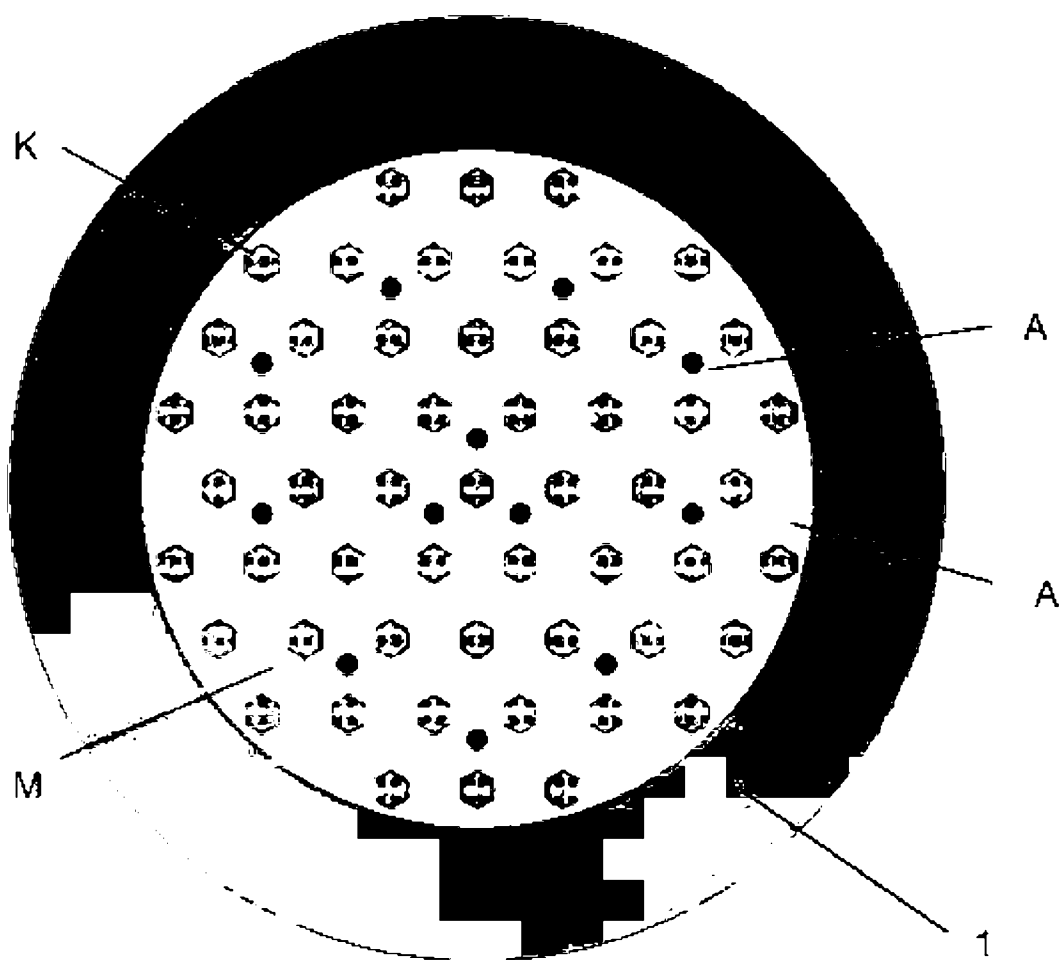
Technické řešení nachází své uplatnění zejména v jaderném inženýrství v konstrukci jaderných malých modulárních reaktorů (SMR).

5

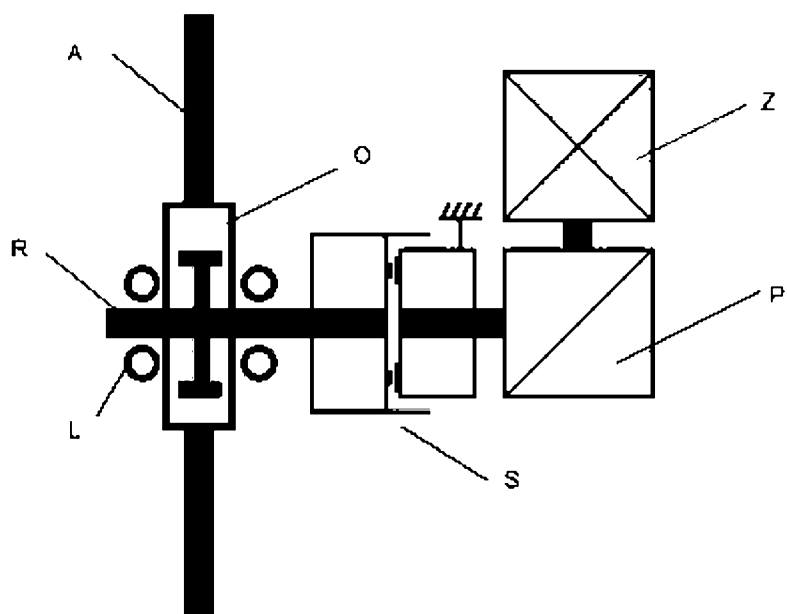
NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Mechanický systém řízení reaktivity pro malé modulární reaktory (1), obsahující absorpční tyče (A) a palivové kanály (K) umístěné v reaktoru (1), přičemž v prostoru uvnitř reaktoru (1) se nachází moderátor (M), **vyznačující se tím**, že alespoň jedna absorpční tyč (A) je opatřena vnějším ozubením (o) zasahujícím do vnějšího ozubení (o') rotačního členu (R), otočně uloženého vůči rámu reaktoru (1), přičemž rotační člen (R) je spojen se zdrojem (Z) točivého momentu.
2. Mechanický systém řízení reaktivity podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že rotační člen (R) a absorpční tyč (A) jsou uloženy v pouzdru (O).
- 10 3. Mechanický systém řízení reaktivity podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že mezi rotační člen (R) a zdroj (Z) točivého momentu je včleněna spojka (S).
4. Mechanický systém řízení reaktivity podle nároku 1, 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že mezi rotační člen (R) a zdroj (Z) točivého momentu je včleněna převodovka (P).
- 15 5. Mechanický systém řízení reaktivity podle nároku 1, 2, 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že v aktivní zóně reaktoru (1) je umístěn senzor (S') polohy absorpční tyče (A).

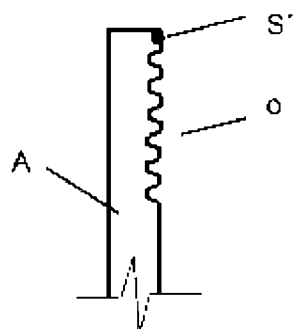
3 výkresy



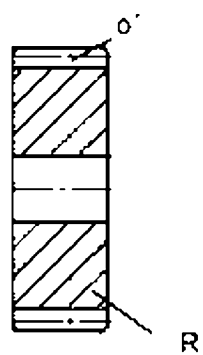
Obr. 1



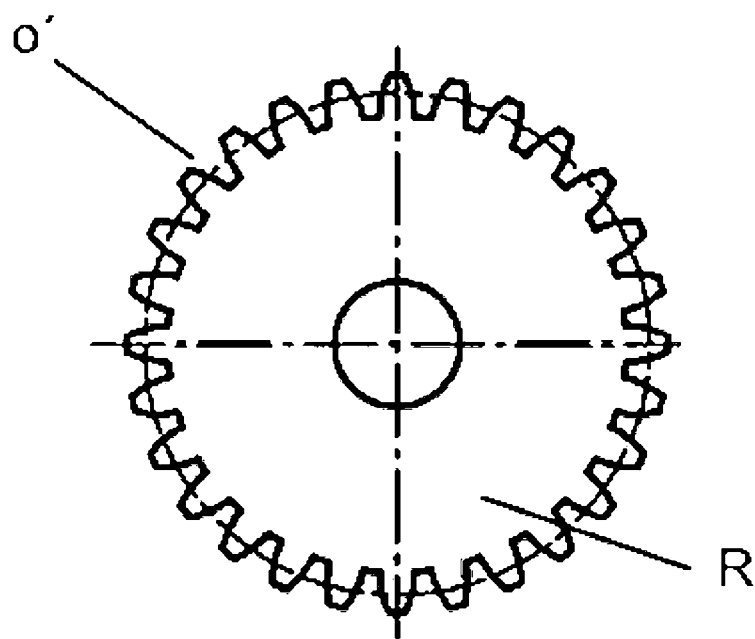
Obr. 2



Obr. 3a



Obr. 3b



Obr. 3c