

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

M. Razím

Energetické atomové reaktory

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 1 (1956), No. 4, 372--375

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137430>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

Rovnice (21) však vyjadřují biracionální kubickou transformaci, pro níž jednoduchou konstrukci udal a kterou zvláště podrobně se zabýval svého času K. Zahradník (*O jisté biracionální kubické transformaci a jejím upotřebení v teorii křivek*, Čas. mat. fys., sv. 34 (1905), 105—123, 329—341, sv. 38 (1909), 6—25; *Beitrag zur Theorie der rationalen Kurven dritter Ordnung*, Stzb. Ak. Wiss. Wien, sv. 113 (1904), 973—986**); *Ueber eine birationale kubische Verwandtschaft und deren Anwendung*, Stzb. Ak. Wiss. Wien, sv. 114 (1905), 669—691**). Naše transformace \mathfrak{B} je tedy projektivním zobecněním transformace \mathfrak{Z} Zahradníkovy. Podrobné vyšetření vlastností transformace \mathfrak{Z} podává i některé důležité vlastnosti projektivní i metrické transformace Zahradníkovy, které v citovaných pracích uvedeny nejsou.

ENERGETICKÉ ATOMOVÉ REAKTORY

V poslední době se na celém světě věnuje velká pozornost otázkám výroby elektrické energie v atomových elektrárnách. Budování těchto elektráren je v plném proudu, a i když je dnes ještě výroba elektrické energie touto cestou mnohem dražší než v elektrárnách tepelných nebo vodních, nebudou tyto náklady jistě rozhodující v budoucnu, až se atomová energetika plně rozvine.

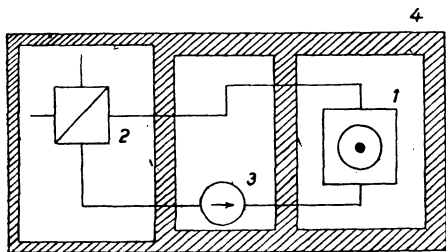
K mírovému rozvoji atomové energie značně přispěla mezinárodní konference, která se konala v srpnu r. 1955 v Ženevě. Na této konferenci byly shrnuty dosažené výsledky studia atomových reaktorů a byl podán přehled typů, které se nejlépe hodí k energetickým účelům.

1. Uranový reaktor chlazený vodou vysokého tlaku (obr. 1.)

Palivem tohoto reaktoru je obohacený uran, jako moderátor a chladicí látka slouží obyčejná nebo těžká voda.

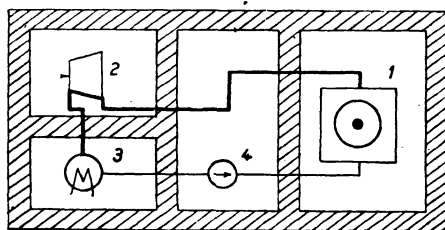
Voda proudí mezi uranovými tyčemi v reaktoru (1), odtud odchází do vyvíječe (2) a z něho se opět přečerpává čerpadlem (3) do reaktoru. Voda tohoto primárního okruhu je pod značným tlakem, aby nedocházelo k jejímu varu. Ve vyvíječi vzniká pára, která žene již přímo parní turbínu. Reaktor, čerpadlo i vyvíječ jsou umístěny odděleně v samostatných prostorech, jejichž betonové zdi (4) poskytují ochranu proti radioaktivnímu záření.

Nevýhodou tohoto reaktoru je poměrně nízká teplota chladicí vody v primár-



Obr. 1.

1 — reaktor, 2 — vyvíječ, 3 — čerpadlo, 4 — ochranná zď.



Obr. 2.

1 — reaktor, 2 — turbína, 3 — kondenzátor, 4 — čerpadlo.

***) Bibliografický soupis J. Vojtěch, Čas. mat. fys., sv. 46 (1917), 300—304.

ním okruhu, která nedovoluje dosáhnout vysokých parametrů páry v turbogenerátoru.

Tento druh energetického reaktoru je velmi podobný tomu, který je použit v první atomové elektrárně světa v SSSR. Liší se jedině v tom, že jako moderátor je použit grafit.

Atomovou elektrárnu s reaktorem 1. typu buduje v současné době fa. Westinghouse v USA v Pennsylvanii. Moderátorem i chladicí látkou bude obyčejná voda o tlaku 140 atp, tepelný výkon větší než 230 MW, elektrický výkon asi 60—75 MW. Jako paliva se použije silně obohaceného uranu, který bude na povrchu opatřen ochrannou vrstvou ze speciální slitiny zirkonu, zvané Zircaloy. Potřebné množství uranu 235. je 52 kg.

2. Odpařující reaktor (obr. 2.)

Tento typ se dost značně podobá předcházejícímu. Moderátorem i chladicí látkou je opět obyčejná nebo těžká voda, palivem je uran, jeho stupeň obohacení je však obvykle vyšší.

Chladicí voda je u tohoto typu uvedena do varu přímo v reaktoru, takže vzniklá pára se přivádí do turbíny bez pomocného vyvíječe páry. Celé zařízení má větší tepelnou účinnost, odpadají různé pomocné stroje a lze snížit velikost čerpadel. Rovněž není třeba používat speciálního materiálu, který odolává vysokým tlakům, což bylo nutné v předcházejícím případě.

Vroucí voda a pára, obsažená v reaktoru, vyžaduje obvykle vyšší obohacení uranu. Jestliže se použije těžká voda, postačí při vhodné konstrukci k stabilnímu chodu reaktoru i přirozený uran.

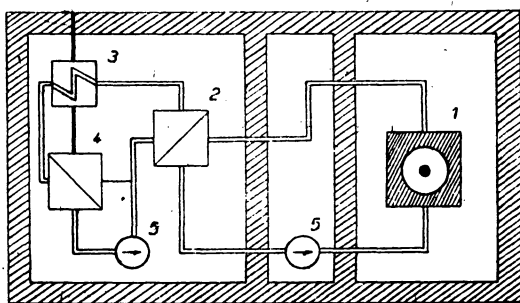
Energetické reaktory tohoto typu jsou velmi přitažlivé pro mnohé účely. V současné době se projektuje několik reaktorů tohoto typu v USA a v jiných zemích. Také první atomová ponorka »Nautilus« je vybavena reaktorem tohoto typu.

3. Urano-grafitový reaktor se sodíkovým chlazením (obr. 3)

Moderátorem tohoto reaktoru je grafit, jako chladicí látky se užívá tekutého sodíku nebo slitiny sodíku a draslíku. Toto chlazení umožňuje vysoké teploty i vysokou tepelnou účinnost zařízení.

Tekutý sodík ochlazuje jádro reaktoru (1) a předává teplo ve výměníku (2) do sekundárního okruhu, ve kterém obíhá rovněž sodík. Tento sodík, který již není radioaktivní, prochází pak přehřívákem (3) a odevzdává svou tepelnou energii ve vyvíječi (4).

Chlazení tekutým kovem je velmi výhodné. Protože kov má vysoký bod varu, není třeba používat zvýšeného tlaku v primárním okruhu. Rovněž množství chladicí látky je menší, protože kov má značnou tepelnou jímavost. Lze dosáhnout účinnosti více než 30 %, obohacení uranu může být malé, někdy je dokonce možno použít i přírodního uranu, takže tyto reaktory jsou značně hospodárné.



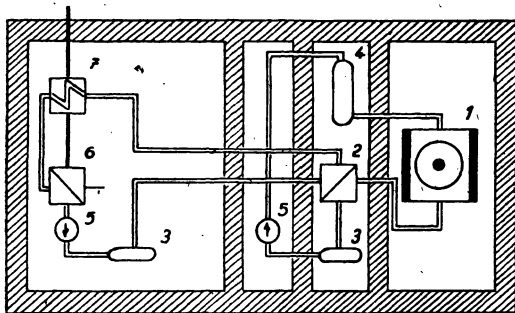
Obr. 3.

1 — reaktor, 2 — výměník tepla, 3 — přehřívák, 4 — vyvíječ páry, 5 — čerpadla.

Sodík primárního okruhu je vysoce radioaktivní a je třeba velmi pečlivé konstrukce, aby neunikal do sekundárního okruhu. Proto se používá u prvního okruhu dvojitých trubek. Ve vnitřní trubce proudí sodík z reaktoru, vnější je naplněna rovněž sodíkem, který pak přenáší teplo do sekundárního okruhu. Místo obyčejných typů čerpadel se při chlazení tekutým kovem výhodně používá čerpadel elektromagnetických.

4. Plodící reaktor (obr. 4)

Tento typ reaktoru pracuje s rychlými neutrony, nemá proto moderátor. Jeho největší předností je, že si během chodu vytváří z uranu 238 nové štěpné palivo — plutonium.



Obr. 4.

1 — reaktor, 2 — výměník tepla, 3 — nádrže na sodík, 4 — zásobní nádrž na sodík, 5 — čerpadla, 6 — vyvíječ páry, 7 — přehřívák.

Reaktor obsahuje jádro na př. ze směsi plutonia a přírodního uranu, obklopené ještě vrstvou uranu 238, který představuje plodící materiál. Chlazení bývá většinou pomocí tekutého sodíku jako u typu 3. Primární sodík ochlazuje jádro i obalovou vrstvu a odevzdává své teplo ve výměníku (2). Sodík sekundárního okruhu pak již ohřívá vodu ve vyvíječi (6). Odvod tepla z reaktoru je tedy stejný jako u předcházejícího typu.

Plodící reaktor je velmi výhodný, protože při rozpadu jednoho štěpného materiálu se kromě uvolněné

energie současně vytváří další atomové palivo. Součinitel přeměny uranu 238 na plutonium může dosáhnout hodnoty asi 1,5. Reaktory tohoto typu jsou velmi důležitém vývojovým článkem atomové energetiky, protože umožňují plné využití přírodního uranu.

5. Homogenní reaktor (obr. 5)

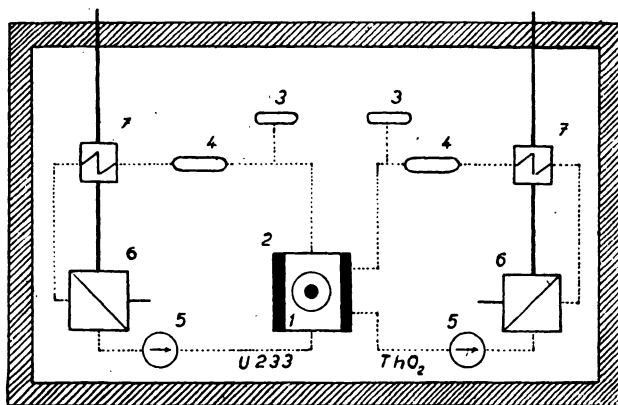
Všechny předcházející typy reaktorů byly t. zv. heterogenní. Jejich palivo bylo v pevném stavu, obvykle ve tvaru tyčí nebo pásků, mezi nimiž proudila chladící látka. Homogenní reaktory mají palivo rozpouštěné nebo rozptýlené v kapalině, kterou bývá obvykle těžká voda.

Homogenní reaktor se skládá ze dvou různě velkých nádrží kulovitého tvaru. Menší z nich tvoří aktivní zonu reaktoru a je umístěna ve větší nádrži. Aktivní zona obsahuje roztok uranu 233 v těžké vodě. V této zóně se vyvíjí také největší část tepla. Ve vnější nádobě proudí kyslíčnick thoričitý ThO_2 , který vytváří suspensi v těžké vodě. Thorium zde slouží jako plodící materiál pro vznik uranu 233. Suspense ThO_2 i roztok uranu proudí speciálním pomocným zařízením k vyvíječům páry.

Tekuté palivo je velmi výhodné, protože se snadno připravuje a lze je také kontinuálně během provozu zbavovat štěpných zplodin. Použitím thoria, které je v přírodě značně rozšířeno, lze získat další štěpný isotop — uran 233, který se v přírodě nevyskytuje. Tento typ reaktoru slibuje tedy značný rozvoj.

Nevýhodou homogenního reaktoru je značná korose, která je způsobena roz-

tokem uranu i suspensí thoria. Je proto třeba používat při konstrukci speciálních slitin. Působením radioaktivního záření se těžká voda rozkládá na výbušnou směs kyslíku a deuteria, kterou je rovněž nutno z roztoku odstranit.



Obr. 5.

1 — aktivní zona, 2 — suspence ThO_2 v těžké vodě, 3 — regulátory tlaku, 4 — odlučovač plynu, 5 — čerpadla, 6 — vyvíječe páry, 7 — přehříváky.

Těchto pět hlavních typů nevyčerpává ovšem všechny možnosti a kombinace návrhů reaktorů. Mnohaleté zkušenosti však ukázaly, že tyto druhy jsou nejslibnější pro další rozvoj atomové energetiky.

M. Razím

Literatura

J. Lane, *Economics of Nuclear Power*, přednáška č. 476 na konferenci v Ženevě, srpen 1955.

G. Wiesenack, *Kernkraftwerke und be-*

wegliche Kernkraftanlagen, Zeitschrift VDI, 1956, č. 4, s. 149—151.

Das amerikanische Kernreaktor-Bauprogramm und die amerikanische Privatinitiative, BWK, 1956, sv. 8, č. 3, s. 125—7.

ATOMOVÁ ENERGIE V TECHNICE

Práce na mírovém využití atomové energie nabyly v posledních letech velkého rozmachu. Za poměrně krátkou dobu se nukleární fyzika stala oborem, který hluboko zasáhl do ostatních věd, do chemie, do biologie a zvláště do techniky. Radioaktivní isotopy se vyrábějí ve velkém množství a používá se jich ve vědě, v průmyslu, v lékařství a v zemědělství.

V technických vědách se dnes zkoumají tři velké skupiny otázek: využití atomové energie pro výrobu elektřiny, využití záření radioaktivních isotopů, využití radioaktivních isotopů v metodě značkových atomů.

Výroba elektrické energie

S průmyslovou výrobou elektrické energie z energie atomového jádra se jak známo začalo v SSSR. Dnes jsou i v jiných zemích v proudu práce na projektech