

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Sovětský projekt urychlovače protonů na energie 50-60 BeV

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 2 (1957), No. 1, 77--80

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137173>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1957

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>

SOVĚTSKÝ PROJEKT URYCHLOVAČE PROTONŮ NA ENERGIE 50—60 BeV¹⁾

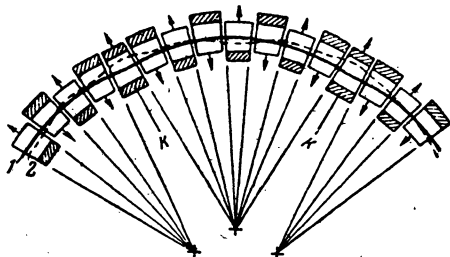
K laboratornímu studiu dějů, které probíhají, když se kosmické záření dostane do oblasti Země, zejména ke studiu hromadného vzniku mezonů a vzniku antičástic všech známých druhů elementárních částic, nestačí ani energie, na které lze protony urychlit pomocí obrovského sovětského synchrotronu na 10 BeV, který je již hotov, a který je dnes nejmohutnějším urychlovačem nabitých částic na světě²⁾

V Sovětském svazu se proto přistoupilo k projektu urychlovače na energie 50—60 BeV. Tato horní energetická hranice byla zvolena proto, že při tak obrovských energiích je zmíněné studium již možné, a také proto, že tu lze použít již zpracovaných konstrukčních prvků urychlovače na 10 BeV, zejména jeho jedinečné napájecí soustavy.

Při maximální energii 50—60 BeV dosahuje kinetická energie při srážce protonu s nukleonem v těžištvém systému devět nukleonových mass. Špičkový výkon při napájení magnetu bude asi 100 MVA, váha soustavy magnetu, který sestává ze 120 článků, nepřevyší 22.000 tun, střední průměr magnetu bude 236 m.

Jedním z nejdůležitějších problémů tohoto projektu je problém fázové stability v blízkosti přechodové energie. Pro tento projekt byla zvolena soustava výchylek v délce oběžné dráhy částic, založená na principu vynucených kmitů částic, jejichž impuls se liší od rovnovážného impulsu. Kmity se vynutí periodickými azimutálními změnami velikosti magnetického pole: každý osmý magnet má pole opačného znamení a velikosti dvakrát menší, než je velikost pole ostatních magnetů (*obr. 1*). Perioda azimutálních rozložení kompenzačních magnetů je o něco menší než perioda volných radiálních kmitů protonů. Přitom největší amplitudy radiálního posunu oběžné dráhy se dosáhne v kompenzačním magnetu a změna délky oblouku tu stačí, aby vykompenzovala průměrnou změnu délky oblouku ve všech ostatních magnetech. Kritická energie se vyloučí zvětšením délky dráhy o 20 %.

Zvolená kompenzační soustava má za následek poměrně vysokou frekvenci příčných kmitů částic, která činí 13,75 pro radiální kmity a 12,75 pro vertikální kmity za jeden oběh. Střední úhlová apertura protonového svazku — $2 \cdot 10^{-2}$ radianu — představuje uvážený kompromis mezi krajními tendencemi s jedné strany co nejvíce zmenšit váhu a příkon zařízení, s druhé strany zajistit možnost co největších přípustných tolerancí pro velikost pole. Maximální pole na dráze částic bude



Obr. 1. Rozložení magnetů urychlovače.

K — kompenzační magnety, $\uparrow \downarrow$ — směr růstu magnetického pole, 1 — rovnovážná oběžná dráha, 2 — nerovnovážná periodická oběžná dráha pro $p > 0$ (amplitudy odchylek od rovnovážné oběžné dráhy jsou pro názornost silně zvětšeny).

¹⁾ V. V. Vladimírskij, J. G. Komar, A. L. Minc, K. L. Goldin, D. G. Koškarev, N. A. Monoszon, S. Ja. Nikitin, S. M. Rubčinskij, S. V. Skačkov, N. S. Strelcov, J. K. Tarasov, *Osnovnyje charakteristiki projektirujemogo uskoritelja protonov na 50—60 BeV s žestkoj fokusirovkoj*, Atomnaja energija, č. 4, 1956. Referát z Věsvezavové konference o fysice částic vysokých energií; předneseno 14. května 1956.

²⁾ O tomto stroji viz referát *Synchrotrón Akademie věd SSSR na 10 BeV* v tomto čísle. Pozn. překl.

10.000 až 12.000 Oe, délka dráhy bude 1483 m. Hlavní parametry dráhy jsou uvedeny v tab. 1.

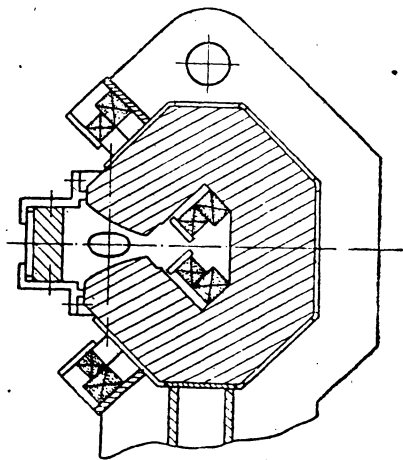
Tabulka 1.

Počet všech magnetů	120
Počet kompenzačních magnetů	15
Počet radiálních kmitů za jeden oběh	13,752
Počet vertikálních kmitů za jeden oběh	12,744
Délka radiálně fokusujících magnetů	10,99 m
Délka vertikálně fokusujících magnetů	10,69 m
Velikost mezer mezi magnety	1,518 m
Poloměr křivosti obyčejných magnetů	166,1 m
Poloměr křivosti kompenzačních magnetů	-296,6 m
Vzdálenost mezi osou vakuové komory a asymptotou hyperbolických pólů obyčejných magnetů	404,0 mm
Vnitřní poloviční výška komory	60 mm
Vnitřní poloviční šířka komory	100 mm
Koeficient využití magnetického pole	0,805
Logaritmická derivace délky oběžné dráhy podle impulsu	$-8,2 \cdot 10^{-4}$
Úhlová apertura svazku	$2 \cdot 10^{-3}$ rad
Amplituda radiálních kmitů, podmíněných kompenzací	40 mm

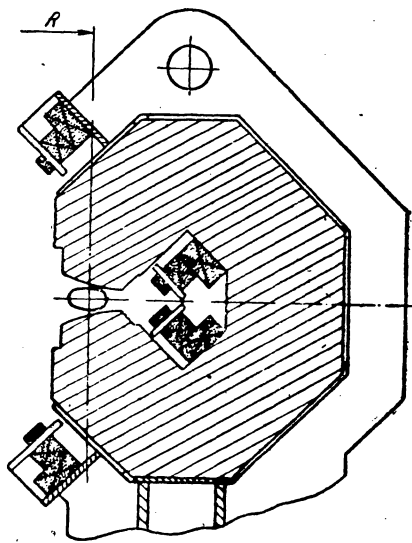
Tab. 2. ukazuje přípustné tolerance v přesnosti magnetického pole.

Tabulka 2.

Přípustná odchylka impulsu $\Delta p/p$	0,5 %
Tolerance pole $\Delta H/H$	0,25 %
Tolerance gradientu Δ grad/grad	0,3 %
Tolerance posunutí magnetů	1,0 mm
Tolerance pro vertikální posun (amplituda 13. harmonické)	0,5 mm



Obr. 2. Konstrukce kompenzačních magnetů urychlovače.



Obr. 3. Konstrukce obyčejných magnetů urychlovače.

Gradient magnetického pole v zahnutých magnétech je poměrně nevelký, magnety mohou proto být bez neutrálního pólu. Kompensační magnety mají neutrální pól. Profil pólů těchto magnetů je na obr. 2. Aby byl volný příchod k vakuové komoře, budou součástí, vedoucí magnetický tok, postavený ve tvaru písmene C.

Magnety budou pro svou přílišnou velikost zkonstruovány každý z pěti částí; každá tato část bude vážit 38 tun. Spojeny budou společným vinutím. Konstrukce obyčejných magnetů je znázorněna schematicky na obr. 3. Úhrnné množství železa v magnetickém obvodu bude činit 17.000 tun, váha celé magnetické soustavy bude 22.000 tun. Data o napájení magnetu jsou uvedena v tab. 3.

Tabulka 3.

Doba narůstání magnetického pole	3,8 sec
Počet cyklů za minutu	6
Maximální budicí proud	12.000 A
Maximální napětí	8.000 V
Odpor budicího vinutí při 15° C	0,31 Ω
Maximální indukčnost budicího vinutí	1,8 H
Špičkový výkon	96.000 kVA

Pro špičkový výkon řádu 100 MVA se použije generátorů se setrvačnický. Normální výkon každého agregátu bude 37 MVA. Měnicím zařízením budou 12fázové ignitronové přerušovače. Pro zmenšení pulsace usměrněného napětí se projektuje filtrační zařízení se speciálním schématem potlačování pulsací pomocí negativní zpětné vazby.

Částice budou předběžně urychlovány v lineárním urychlovači na energii 100 MeV. Magnetické pole při zavádění částic bude 90 Oe.

Urychlovací soustava bude napájena vysokofrekvenčním napětím o frekvenci třicetkrát větší, než bude frekvence oběhu částic. Základní data jsou uvedena v tab. 4.

Tabulka 4.

Frekvence urychlovacího pole na začátku urychlovacího cyklu	2,624 MHz
Frekvence urychlovacího pole na konci urychlovacího cyklu	6,068 MHz
Tolerance pro odchylku (pomalou) frekvence od frekvence požadované	
$\Delta f/f$: na začátku urychlovacího cyklu	$2 \cdot 10^{-3}$
na konci urychlovacího cyklu	$2,6 \cdot 10^{-3}$
Odpovídající přesnost měření magnetického pole $\Delta H/H$:	
na začátku urychlovacího cyklu	$2,5 \cdot 10^{-3}$
na konci urychlovacího cyklu	10^{-2}
Frekvence malých synchrotronových kmitů F :	
na začátku urychlovacího cyklu	5150 Hz
na konci urychlovacího cyklu	24 Hz
Tolerance pro rezonanční harmonickou $\delta f/f$:	
na začátku urychlovacího cyklu	$31 \cdot 10^{-7}$
pro $F = 50$ Hz	$4 \cdot 10^{-8}$
na konci urychlovacího cyklu	$12,5 \cdot 10^{-9}$
Tolerance pro šumovou modulaci frekvence	$4,8 \cdot 10^{-3}$ Hz ² /Hz

Tolerance frekvence na konci urychlovacího cyklu je podle tab. 4. velmi omezená. Na konci cyklu je však zrněna frekvence nevelká, což usnadňuje řešení otázky.

Jako jedna z variant se navrhuje soustava řízení frekvence „po svazku“. Soustava se vyzkouší na urychlovači na 7 BeV, který je ve stavbě.

V projektovaném urychlovači na 50—60 BeV bude energie, kterou nabudou protony za jeden oběh, asi 100 keV. Úhrnné urychlovací napětí bude 200 kV. Jako urychlovacích prvků se navrhuje použít transformátorů s ferritovými jádry. Výkon generátorů vysokých frekvencí bude asi 500 kW.

Volně přeložil Dr Josef Veselka

Literatura

V. V. Vladimírskij, J. K. Tarasov, *O možnosti odstranění kritické energie v uskornitěle s žestkou fokusírovkou*, Sborník „Někotorýje voprosy tčorii cikličeskich uskornitčelč“, Izd. AN SSSR, 1955.