

VODENJE IN DIAGNOSTICIRANJE CURKA NAELEKTRENIH DELCEV

Alojz Paulin, Andrej Pregelj*, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 1000 Ljubljana

Travelling and diagnostics of particle beams

ABSTRACT

Particle accelerators operating depends first of all on particle beam generation and on high vacuum establishing but the supervisor system has to assure also the geometrical control of beam shape and travelling along the central trajectory in working tube. This is usually made by slits and slots or for charged particles by appointable magnetic fields (diquadro- and sextu- pols). For automatic mistake removal, an information is needed on beam data in different locations, respectively on deviation from requested beam parameters. To collect mentioned data several sensors are built in accelerator tube walls. The contribution represents some principles for detection of beam position and intensity which can be studied, realized and tested with our facilities.

POVZETEK

Za kvalitetno delovanje pospeševalnikov delcev je treba poleg ustvarjanja curka delcev in zadostnega vakuuma zagotavljati tudi njegovo geometrijsko oblikovanje in vodenje po predvideni trajektoriji v sredini delovne cevi. To opravljamo z režami in zaslonkami, ter pri naelektrenih delcih predvsem z nastavljivimi magnetnimi polji (dvo-, štiri- in večpolni elektromagneti). Za avtomatsko odpravljanje napake mora upravljalni računalnik dobiti informacijo o velikosti odstopanja od zelenih parametrov curka na določenem mestu. Taki, pomembni podatki so: porazdelitev delcev v preseku snopa, njihova energija, centričnost v cevi in velikost pretoka delcev. Zato imajo pospeševalniki v delovni cevi vgrajene posebne senzore. Prispevek opisuje osnovne prijeme za detektiranje lege in jakosti snopa delcev.

1 Uvod

Predpostavljamo, da imamo curek naelektrenih delcev, ionov ali elektronov, pospešen z neko energijo. Lahko je časovno, in s tem tudi krajevno, vzdolž smeri gibanja zvezen ali pulzirajoč. Vzdolžno os navadno označimo s koordinato z, na katero sta pravokotni koordinati x in y. Lega delcev je z ozirom na vzdolžno os odvisna od električnih polj pospeševalnih elementov. Pri elektrostatskih elementih so to statične elektrode, pri visokofrekvenčnih (VF) pa resonančni VF- sistemi ali indukcijski (princip transformatorja) elementi.

Odstopanje od vzdolžne osi določa elektrostatično ali magnetostatično lečje. Vodenje celotnega curka prevzamejo dipoli, to so v elektrostatici odklonske plošče, v magnetostatici pa odklonski magneti. Obliko curka formirajo lečja, ki so v elektrostatici navadno osno simetrična, v magnetostatici pa uporabljamo kvadrupole, za popraviljanje napak pa še sektupole oz. sploh multipole. Pri nizkih energijah delcev prednjači elektrostatska elektronska optika, pri visokih pa je možna predvsem magnetostatska. Zaradi popolnosti omenimo še VF kvadrupole, ki so ruska iznajdba in omogočajo pospeševanje in fokusiranje obenem.

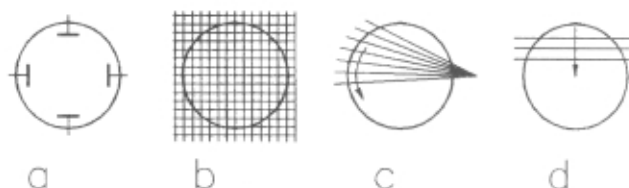
Če hočemo curek voditi in oblikovati, moramo stalno preverjati (diagnosticirati) njegovo lego in obliko, potem pa nastaviti posamezne, curek oblikujoče in spreminjajoče elemente. Ta povratna zveza je bil včasih človek, danes pa že prevladuje računalnik.

Diagnostična sredstva so dveh vrst: taka, ki curek motijo (interrupting), in taka, ki ga ne motijo (noninter-

rupting). Bolj zaželena je druga metoda, uporabljamo pa tudi prvo.

2 Metode z motenjem curka

Če curek delcev z nizko energijo prileti na kovinsko ploščico, jo naelektri, in če to ploščico preko ampermetra zvežemo na zemljo, teče preko merilnika tok, enak toku curka, ki ga ploščica prestreže. Če pa ploščica prestreza visokoenergijski curek, le-ta delcev ne zadrži in zato letijo komaj zavrti skozi ploščico, obenem pa izbijajo predvsem elektrone, ki se vsedajo na okoliške dele. Navadno namestimo v okolici merilne ploščice pozitivno naelektrene elektrode, tako da le-te pritegnejo iz motilne ploščice izbite elektrone, in ker je ta ozemljena preko ampermetra, teče tok elektronov v ploščico. Očitno je tok preko A-metra pri naletu elektronov nizkih energij obratno usmerjen kot pri naletu visokoenergijskih elektronov. Ta način meritev toka ni absoluten, ampak le relativen. Če postavimo ploščico simetrično na obe strani predpisane osi curka, bo enak tok na obeh ploščicah tekkel le v primeru, če os curka sovпада s predpisano osjo. Treba bo seveda nastaviti dva, pravokotno stoječa para prestrezajočih elektrod, da diagnosticiramo odstopanje curka v vodoravni in navpični smeri. Lahko pa se žica tudi pomika skozi curek, ali pa je nameščena cela mreža pravokotno stoječih žic, od katere vsaka pelje na svoj instrument (sl.1). Seveda gredo danes vsi podatki na računalnik, in že je narisana krivulja žarka v odvisnosti od x ali y osi. Za to aparaturo je 1992 Georges Charpak dobil Nobelovo nagrado, kot je bilo navedeno: ".... za njegov izum in razvoj detektorjev delcev, posebno večžične proporcionalne komore."



Slika 1. Presek cevi pospeševalnika (krog) s shematskim prikazom različnih tipov curka delcev: a-statični senzori, b-mreža, c-kotno premikajoča se žica, d-vzporedno premikajoča se žica

V področje prestrezajočih merilnikov spada še Faradayeva kletka, ki meri precej točno ves tok, ki vanjo pade, ne glede na energijo, saj mora biti zaviralna plast zadosti debela, sekundarni delci pa ostanejo v kletki. Dalje spadajo sem še z luminoforjem premazane elektrode, ki dajo le optično sliko, ne pa meritve.

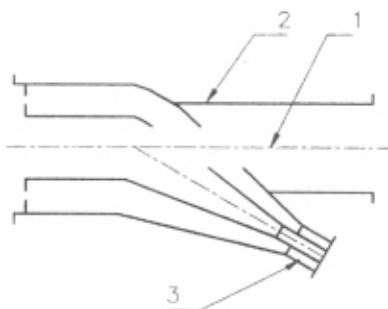
3 Metode brez motenja curka

Neprestrezajoči merilniki so možni le v primeru, kadar curek vsebuje VF komponente. Le na tak način je možna indukcija tokovne časovne spremembe v merilnik.

Sklop je lahko kapacitiven, induktiven ali kombiniran, kar je primer pri VF resonatorjih ali pri koaksialnih komponentah. Po potrebi in želji namestimo sklopne kondenzatorje ali tuljave na obodu krožnice okrog zelene osi curka, navadno na štirih mestih, en par na x drugi na y osi. Če curek ne poteka po predvideni z osi, je v obeh nasproti ležečih tuljavah (kondenzatorjih) inducirana napetost različna, njuna razlika ni več nič in s to napetostjo lahko krmilimo ustrezni dipol (odklonski magnet) tako, da se premakne curek proti sredini.

Za tako meritev toka se lahko uporablja votli VF resonator, skozi katerega os brzi curek delcev in ki je uglašen predvsem na prvo, lahko pa tudi na kako višjo harmonično komponento curkovega paketa (bunch). Ker in če je merjena komponenta proporcionalna toku, smo tako dobili merilnik toka. Seveda moramo tak merilnik umeriti s Faradayevo kletko, ki (precej) točno meri celotni (integrirani) enosmerni tok curka.

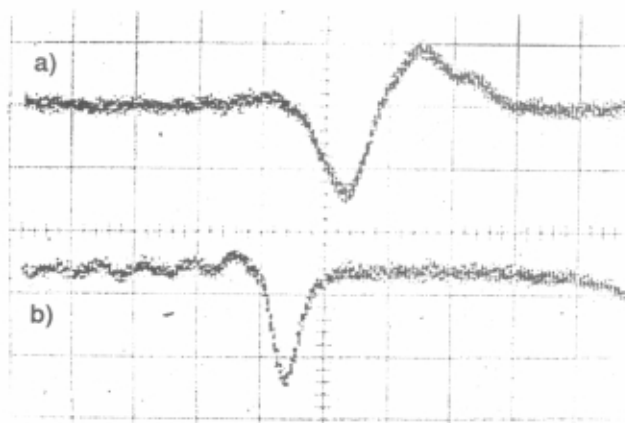
Omenimo še eno zvrst sond. Obliko paketa (bunch) lahko merimo tako, da obdamo curek z visokofrekvenčno in precej širokopasovno anteno ter dobljeni signal koaksialno vodimo na osciloskop. Taka koaksialna antena (sl. 2) meri obliko paketa, kot jo prikazuje diagram na sliki 3a; slika 3b podaja za primerjavo obliko enakega curka, če je le-ta zaustavljen v Faradayevi kletki.



Slika 2. Primer sonde za diagnosticiranje brez motenja curka. Številke pomenijo: 1-trajektorija curka, 2-element pospeševalne cevi, 3-priključek antene na koaksialni kabel

4 Sklep

Glede na bližino tržaškega sinhrotrona in na možnosti, da bomo Slovenci tam gradili svojo žarkovno linijo, smo



Slika 3. Oblika signala v paketu curka, dobljenega brez motenja curka s koaksialno anteno (a), oz. s Faradayevo kletko (b)

poznavalci vakuumske znanosti in potencialni proizvajalci tovrstne opreme veliko študirali in preverjali - tako posamezno, kot tudi medsebojno in združeno - kako bi lahko sodelovali. Poleg številnih možnosti osnovnih raziskav bi lahko mnogi svoja znanja in izkušnje uporabili pri konstrukciji in izdelavi posameznih elementov in sklopov linije oz. tudi delov pospeševalne cevi. Sodelavci IEVT, Ljubljana in FERI, Maribor, smo v tem smislu naredili več korakov. Razvili smo: ionsko getersko črpalko, UVV ploščni ventil, merilnik na hladno katodo za VV in UVV področje itd. Lotili smo se tudi študija, kako preverjati stanje curka delcev. V prispevku prikazujemo osnovne principe detektiranja curka naelektrinih delcev v ceveh pospeševalnikov. Obstajajo metode, ki curek motijo, in take, ki ga ne motijo. Nekatere od njih je možno v naših laboratorijih izdelati, preveriti in optimizirati.

5 Literatura

- /1/ S.Adam, M.Humbel, L.Rezzonico, Improving the beam diagnostic in the PSI 590 MeV ring cyclotron
- /2/ Darko Jamnik, Novi pospeševalniki za visoke energije, Obzornik mat. fiz. 32, 4/5, 1985
- /3/ Alojz Paulin, Coaxial beam-diagnostic probe, Nuclear instruments and methods, 116 (1974) 197
- /4/ Iztok Arčon, Slovenska večnamenska rentgenska žarkovna linija - idejni načrt, Vakuumist, 17, 1, 1997, 4-16

DVTS na INTERNETU

Zaradi vse večjega prodora interneta v svet informacij smo se tudi v društvu odločili za postavitev naše domače strani na njem. Predstavila naj bi naše dejavnosti, novice in obvestila.

Trenutno si lahko ogledate naše strani na naslovu: <http://www2.arnes.si/guest/ljdvts/index.htm>.

Za čimboljšo predstavitev DVTS na WWW straneh bomo skušali upoštevati vse vaše pripombe in predloge, ki jih pošljete na E-mail: DVTS.group@guest.arnes.si. Poleg naštetega bomo v DVTS skušali obveščati člane o zanimivih dogodkih, novostih in ostalo preko elektronske pošte. Zaradi tega prosimo vse zainteresirane člane, da pošljejo svoje E-mail naslove na naslov DVTS.group@guest.arnes.si.

Za uredništvo WWW-DVTS, Marjan Drab