

REKONŠTRUKCIA DÁT Z HADRÓNOVÉHO TILE KALORIMETRA EXPERIMENTU ATLAS

EXPERIMENT ATLAS HADRONIC TILE CALORIMETER DATA RECONSTRUCTION

R. Garabík*, P. Šťavina*, S. Tokár*

*Katedra jadrovej fyziky, MFF UK, Mlynská dolina F1, Bratislava, SR

ABSTRAKT. Experiment ATLAS je univerzálne zameraný experiment, cieľom ktorého je preveriť štandardný model, nájsť Higgsov bozón a prípadne objaviť fyziku za štandardným modelom. Hadrónový Tile kalorimeter experimentu ATLAS je zložený z vrstiev železného absorbéra a scintilátora. Kalorimeter bude slúžiť na meranie energie častíc metódou ich úplnej absorpcie. Prototyp kalorimetra bol skonštruovaný a testovaný v CERNe. My sme sa zamerali na rekonštrukciu dát zo samostatného a kombinovaného runu s cieľom optimalizovať energetické rozlíšenie a dosiahnuť lepšiu rekonštrukciu energie. Použili sme korekciu založenú na určení priečného polomeru spŕšky.

ABSTRACT. Experiment ATLAS is generally purposed experiment with the aim to test the Standard Model (optimized to discover the Higgs boson) and eventually find a new physics beyond SM. Hadronic Tile calorimeter is composed of modules consisting of iron absorber plates and scintillator tiles. The calorimeter is designed to measure particle energy by full absorption. The prototype of the calorimeter was constructed and tested at CERN. We concentrated on reconstruction of testbeam data from both the standalone and combined runs with the aim to optimize the energy resolution and to get better energy reconstruction using correction via transverse shower radius.

1. ÚVOD

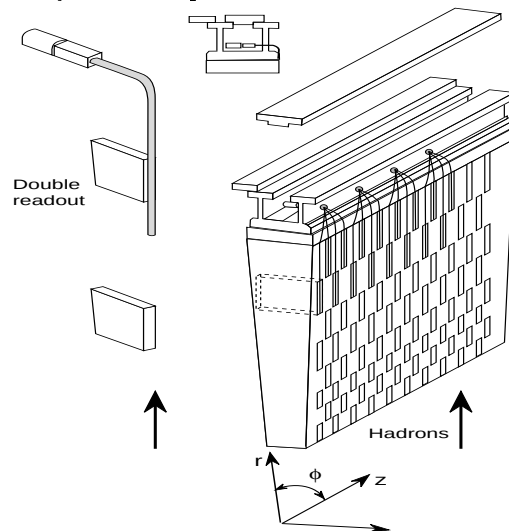
Jedným zo základných problémov hadrónovej kalorimetrie je vysporiadať sa s problémom nekompensovanosti. Tento efekt je spôsobený rozličnou odozvou kalorimetra na elektromagneticky a silne interagujúce častice. Stredný podiel π_0 - mezónov v hadrónovej spŕške (ktoré ďalej interagujú elektromagneticky) sa zvyšuje s rastúcou energiou interagujúcej častice, čo má za následok nelinearitu odozvy. Fluktuácie podielu π_0 - mezónov v spŕške vedú potom k zhoršovaniu energetického rozlíšenia kalorimetra.

Cieľom našej práce je vyvinúť metodiku, ktorá by na základe priečného rozmeru spŕšky dokázala kvantitatívne vyjadriť nárast signálu kalorimetra ako funkciu podielu elektromagnetickej komponenty spŕšky. Použitím tejto metodiky je možné softwarovo eliminovať nežiadúci vplyv a tým dosiahnuť lepšie energetické rozlíšenie a linearitu odozvy. Pri tom využívame skutočnosť, že elektromagnetická spŕška má ďaleko menší charakteristický priečny rozmer ako hadrónová.

2. TILE KALORIMETER

Kalorimeter je valcového tvaru s vnútorným polomerom 2280 mm a vonkajším polomerom 4230 mm. Dĺžka centrálneho valca je 5640 mm. K nemu priliehajú dva prídavné valce s dĺžkou 2650 mm. Kalorimeter pozostáva zo 64 azimutálne umiestnených modulov. Modul pozostáva zo železných absorbérových plátov, medzi ktorými sú uložené scintilačné a železné doštičky. Aktívnym

médium je plastický scintilátor, ktorého základ tvorí granulovaný polystyrén s prímесou 1.5 % PTP a 0.04 % POPOP. Detaily konštrukcie jednotlivých modulov je možné lepšie vidieť na obrázku 1.



Obr.1. Modul hadrónového Tile kalorimetra

Kalorimeter má semiprojektívnu štruktúru dosiahnutú zoskupením istého počtu readout vlákien na jednotlivé fotonásobiče, čím dochádza k efektívnemu rozdeleniu kalorimetra na určitý počet readout buniek. V radiálnom smere je kalorimeter členený na takzvané samplingy.

V rámci vývoja prototypu Tile kalorimetra bolo vyrobených 5 skrátených modulov s dĺžkou 1 meter, ktoré boli testované samostatne ako aj spolu s prototypom elektromagnetického kalorimetra. Ďalej bol neskôr skonštruovaný tzv. Modul 0, ktorý je presným vzorom modulov, budúceho experimentu.

3. SAMOSTATNÝ TEST MODULOV

Samostatný test sa uskutočnil v septembri 1996, a slúžil na otestovanie hadrónového kalorimetra. Pri teste bol použitý prototyp (Modul 0), ku ktorému boli priložené zhora aj zdola spomínané staré moduly.

Najjednoduchšie získame parametre citlivé na podiel π^0 - mezónov ak použijeme poznatok, že pri eventoch s vysokým podielom π^0 - mezónov je spfška výrazne užšia.

Zadefinujeme si parameter t_T ako

$$r_T = \frac{\sum_{i=1}^{N_{cell}} r_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^{N_{cell}} S_i} \quad (1)$$

kde

- r_i je vzdialenosť stredu i-tej bunky od osi spfšky
- S_i je signál v i-tej bunke
- N_{cell} je počet buniek

Pre každý event rekonštruujeme stredný rozmer spfšky t_T . Keď predpokladáme, že rekonštruovaná energia E_{rec} závisí na r_T ako

$$E_{rec} = f(r_T)$$

potom pre štandardnú odchýlku energie platí

$$\sigma_{E_{rec}}^2 = \sigma_{E_{r_T}}^2 + \sigma_{nom}^2$$

kde σ_{nom}^2 je nereducibilná komponenta odchýlky, spôsobená samplingovými fluktuáciami, šumom v elektronike a detektore. Použijúc korekčnú funkciu, dostávame pre rekonštruovanú energiu vzťah

$$E_{cor} = E_{rec} \cdot \frac{E_{nom}}{f(r_T)}$$

kde E_{nom} je nominálna energia.

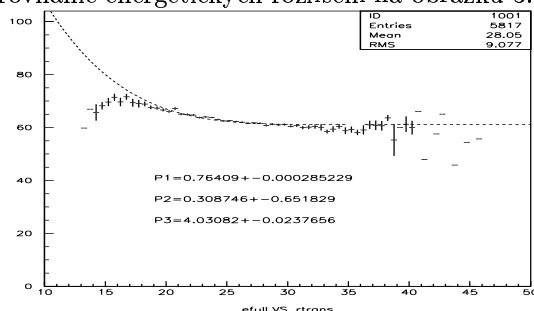
Takto odstránime reducibilnú komponentu odchýlky a dostávame pre odchýlku korigovanej energie E_{cor} vzťah

$$\sigma_{E_{cor}}^2 = \sigma_{E_{nom}}^2 \quad (2)$$

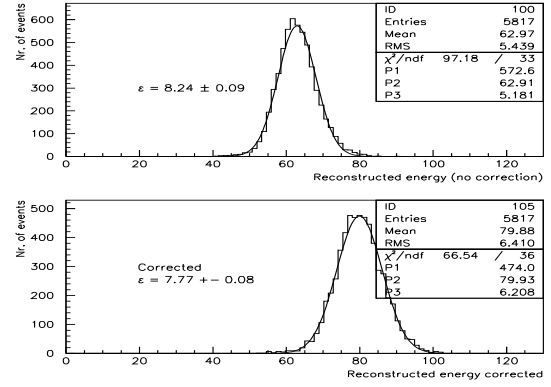
Uvedenú závislosť $E_{rec} = f(r_T)$ vyjadríme rovnicou

$$E_{rec} = p_1 \cdot (1 + p_2 \cdot \exp(p_3 \cdot r_T)) \quad (3)$$

Príklad závislosti $E_{rec} = f(r_T)$ pre energiu incidentnej častice 80 GeV je na obrázku 2. a porovnanie energetických rozlíšení na obrázku 3.



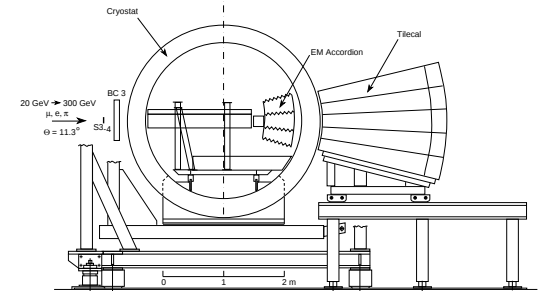
Obr.2. Závislosť rekonštruovanej energie od r_T



Obr.3. Nekorigované a korigované energetické rozlíšenie

4. KOMBINOVANÝ TEST

V kombinovanom teste, ktorý sa uskutočnil v apríli 1996, boli testované spoločne elektromagnetický a hadrónový kalorimeter. Pre test Tile kalorimetra bolo použitých už spomínaných 5 modulov s dĺžkou 1 meter. Elektromagnetický kalorimeter bol uložený v kryostate. Celú zostavu je možné vidieť na obrázku 4



Obr.4. Zostava kombinovaného testu

Na rekonštrukciu energie sme použili nasledovný vzťah

$$E^{rec} = \alpha_1(E) \cdot Q^H + \alpha_2(E) \cdot E^{EM} + CC \quad (4)$$

kde

$$CC = d_{cryostat} \cdot \frac{\frac{\alpha_2(E) \cdot E^{EM3}}{7} + \frac{\alpha_1(E) \cdot Q^{H1}}{13.6}}{2}$$

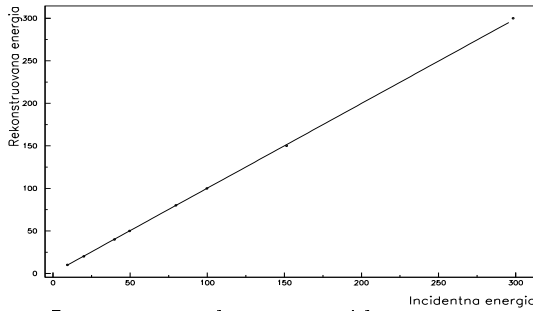
- E^{rec} je rekonštruovaná energia
- E^{EM} je rekonštruovaná energia v elektromagnetickom kalorimetri
- Q^H je signál z Tile kalorimetra
- $\alpha_1(E)$ je kalibračná funkcia pre Tile kalorimeter

- $\alpha_2(E)$ je kalibračná funkcia pre elektromagnetický kalorimeter
- $d_{cryostat}$ je hrúbka kryostatu
- E^{EM3} je energia rekonštruovaná v poslednom samplingu elektromagnetického kalorimetra
- Q^{H1} je signál z prvého samplingu Tile kalorimetra

Kalibračné funkcie $\alpha_1(E)$ a $\alpha_2(E)$ boli fitované použitím vzťahu

$$\alpha_x(E) = p_1 \cdot \ln^2(E) + p_2 \cdot \ln(E) + p_3 \quad (5)$$

Horeuvedená metóda sa vyznačuje tým, že prirodzeným spôsobom zaručuje lineárnu odozvu kalorimetrického systému, pretože kalibračné funkcie veľmi presne popisujú fyziku spojenú s nárastom stredného počtu π_0 mezónov v závislosti od rastúcej energie incidentných častíc. Táto vlastnosť našej metódy rekonštrukcie je jasne demonštrovaná na obrázku 5



Obr.5. Linearita navrhutej metódy

4.1. Korekcie

Rekonštruovanú energiu incidentnej častice sme korigovali berúc do úvahy efekty, spojené s fluktuáciami v produkcii π_0 mezónov. Ako prvú sme aplikovali korekciu na r_T , ktorá bola prezentovaná v predchádzajúcej kapitole. Pre odhad r_T sme pre tento prípad použili vzťah

$$r_T^2 = \frac{\sum r_i^2 \cdot S_i}{\sum S_i} \quad (6)$$

kde

- r_i je vzdialenosť stredu i-tej bunky od osi spŕšky
- S_i je signál v i-tej bunke

Rekonštruovaná energia bola potom korigovaná použitím vzťahu

$$E_{rec} = p_1 \cdot (1 + p_2 \cdot \exp(p_3 \cdot r_T)) \quad (7)$$

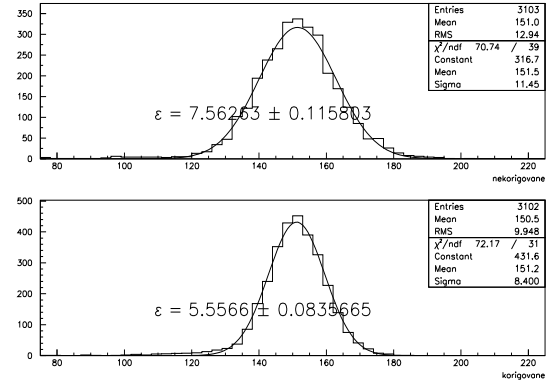
V ďalšom kroku sme aplikovali korekciu, ktorá popisuje vzťah medzi rekonštruovanou energiou a časťou energie, deponovanou v elektromagnetickom kalorimetri. Táto môže byť vyjadrená nasledovne:

$$V_E = a \cdot E_{EM} + b \cdot E_{EM} + c \quad (8)$$

$$W = \frac{E_{rec}}{V_E} \quad (9)$$

$$E_{rec}^{(cor)} = E_{rec} \cdot W \quad (10)$$

Zlepšenie energetického rozlíšenia, po aplikácii týchto dvoch korekcií je jasne vidieť na obrázku 6.



Obr.6. Porovnanie nekorigovaného a korigovaného energetického rozlíšenia pre incidentnú energiu 150 GeV.

5. ZÁVER

Uvedenou metódou korekcie rekonštruovanej energie s využitím charakteristického rozmeru spŕšky je možné dosiahnuť výrazné zlepšenie energetického rozlíšenia a linearity odozvy hadrónového kalorimetra. Výhodou danej metódy je skutočnosť, že jej interpretácia je fyzikálne transparentná, a teda jej rozvoj prispieva k hlbšiemu pochopeniu fyzikálnych javov spojených s procesmi prebiehajúcimi v kalorimetrickom systéme. Ďalší rozvoj diskutovanej metódy bude spočívať v redukcii množstva voľných parametrov potrebných na popis fyzikálnych vlastností kalorimetra.

Referencie

1. Wigmans Richard, Performance and Limitations of Hadron Calorimeter, CERN, Geneve, Switzerland
2. Particle Data Group, Physics Letters B, Amsterdam, North-Holland
3. ATLAS/TileCal Calorimeter Collaboration, ATLAS Technical Design Report, CERN/LHCC/96-42, Geneve, Switzerland
4. Agnvall S. et al., Hadronic Shower Development in Iron-Scintillator Tile Calorimetry, CERN-PPE/98-june 22, Geneve, Switzerland, 1998
5. Wigmans Richard, NIM A265(1988) 273
6. Groom D., Proceedings of the Workshop on Calorimetry for the Supercollider, Tuscaloosa, Alabama, USA, 1999