

Научни приноси на гл. ас. д-р Пейчо Стоев Петков

През 2001г. се присъединих към колаборацията на експеримента CMS (компактен мюонен соленоид) в ЦЕРН. От тогава до сега моите дейности и отговорности са свързани с камерите за съпротивителна плоскост (RPC), които са част от мюонната система на детекторния комплекс. RPC имат основна роля при привързването на събитията по съответните пресичания на групи частици в точката на взаимодействие, както и важна роля в тригерната система от първо ниво (L1 trigger). Съавтор съм на повече от 692 научни публикации на колаборацията CMS. В конкурс участвам с 20 научни работи публикувани както следва:

- Physical Review Letters – 3 бр.
- Journal of Instrumentation – 8 бр.
- Physics Letters B – 3 бр.
- Nature – 1 бр.
- Journal of High Energy Physics – 3 бр.
- Nuclear Instruments and Methods A – 2 бр.

CMS е детектор с общо предназначение. Той е с 4 π -геометрия и най-общо се състои от цилиндрична част и две затварящи части. Централен елемент е свръх проводящият соленоид с вътрешен диаметър 6 m, създаващ хомогенно магнитно поле с магнитна индукция 3.8 T във вътрешността му. Там са поместени вътрешният силициев пикселен треков детектор, разположен около точката на взаимодействие, силициевият стрипов детектор, електромагнитният калориметър и адронният калориметър. Магнитните силови линии се затварят чрез железен магнитовод, между плочите на който са монтирани детекторите на мюонната система – камери със съпротивителна плоскост и дрейфови камери (DT) в цилиндричната част, а в затварящите части се използват камери със съпротивителна плоскост и катодни стрипови камери (CSC).

Камерите със съпротивителна плоскост имат обща разгъната площ около 4000 m². В цилиндричната част на CMS има 480 RPC. Те бяха проектирани, асемблирани и тествани с основното участие на учени от четири италиански и две български групи [K1]. Аз участвах в изследване на характеристиките на RPC прототипи в Бари, Италия, облъчени на ядрен реактор. След това се включих в производството на профили за алуминиевите пакети на камерите и тяхното сглобяване. Веднъж асемблирани, RPC преминаваха контролни изпитания и измерване на характеристиките им на специално проектирани за целта мюонни телескопи. Аз участвах в разработването на такъв телескоп в София, като основните ми дейности бяха свързани с разработването на тригерната му система от пластмасови сцинтилатори. Занимавах се със асемблиране и тестове на RPC в София и Бари, и разработване на софтуер за реконструиране на следите на преминалите през телескопа мюони в София, с цел измерване на ефективността на RPC при регистриране на мюони.

След като камерите бяха инсталирани в CMS, RPC системата беше сертифицирана чрез събиране на данни от преминаването на космични мюони. Беше изследвана стабилността на тока, консумиран от RPC и беше измерена тяхната ефективност, и пространствена разделителна способност [K2]. Бяха събрани данни при преминаването на космични мюони. Първият физичен резултат, получен с използване на всички подсистеми на CMS, още преди да започне работата на Големия адронен колайдер (LHC) е отношението на потоците на положително заредени и отрицателно заредени космични мюони при земната повърхност [K3]. Измерената стойност $1.2766 \pm 0.0032(\text{stat.}) \pm 0.0032(\text{syst.})$ е най-точна по това време и не зависи от импулса на мюоните за импулси под 100 GeV/c. Освен това данните събрани през 2008 година бяха използвани за

прецизно измерване на характеристиките на камерите със съпротивителна плоскост в цилиндричната част на CMS [K4]. Около 98% от каналите на електрониката функционираха правилно. Участвах в идентифицирането и отстраняването на хардуерни проблеми като разменени кабели и повреди в електрониката. Беше измерено относителното положение на всяка RPC станция по отношение на DT камерите в гр посока, и бе определена пространствената разделителна способност на RPC системата. Работните характеристики, измерени от данните показват добра стабилност на детекторната подсистема и ефективност около 90% при работно напрежение 9.2 kV. Бяха оптимизирани стойностите на захранващото напрежение и праговете на предната електроника, а също така бе подобрена синхронизацията на сигналите от RPC в цилиндричната част на детектора.

След въвеждане в експлоатация на Големия адронен колайдер през 2009г., CMS започна набор на данни при сблъскване на протони с енергия в система център на масите 7 TeV. Аз участвах в събирането на данни, следенето на правилната работа на RPC системата и отстраняването на възникналите хардуерни проблеми. Следствие от правилното функциониране на мюонната система като цяло са много добрата ефективност (над 95%) за идентифициране и реконструиране на мюони с напречен импулс над няколко GeV, тригерната ефективност за единични мюони по-голяма от 95% , а разделителната способност по импулси бе от 1% до 6% за мюони с импулс по-малък от 100 GeV и 10% за мюони с импулси до 1 TeV [K9]. Работните характеристики на мюонните детектори като пространствена разделителна способност, ефективност за реконструиране на точките на преминаване на мюоните и реконструиране на сегменти от мюонни следи като и правилното привързване на събитията по пресичане на групи частици в точката на взаимодействие са публикувани в [K11]. През 2010г. и 2011г. участвах в процедури по сканиране на работните характеристики при промяна на захранващото високо напрежение на камерите със съпротивителна плоскост, което доведе до по-добра стабилност и хомогенност на работата на RPC системата [K13]. През първите три години от нейната работата, частта на работещите канали беше 97.5%, а приносят във „мъртвото време“ на CMS (времето, през което е имало сблъсъци в точката на взаимодействие, но данни не са събирани поради неизправност в CMS) е 1.5% [K15]. Чрез използване на данни основно от мюонната система бяха поставени горни граници за наблюдаване на редки събития като $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ и $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ [K5], не бяха наблюдавани отклонения от фона при търсенето на леки резонанси, разпадащи се на двойки мюони [K6], беше измерено сечението на получаване на адрони, съдържащи b -кварки $\sigma(pp \rightarrow b+X \rightarrow \mu+X^*) = 1.32 \pm 0.01(\text{stat}) \pm 0.30(\text{syst}) \pm 0.15(\text{lumi}) \mu\text{b}$ [K7], не бяха наблюдавани и отклонения от фона при търсене на лек псевдоскаларен бозон на Хигс, разпадащ се на двойки мюони [K8], беше измерено сечението $\sigma(pp \rightarrow bbX \rightarrow \mu\mu X^*)$ за получаване на b и анти- b кварки, които се разпадат на двойки мюони в крайно състояние [K10], не бяха наблюдавани отклонения от фона и при търсенето на бозони на Хигс извън Стандартния модел, които се разпадат двойки леки бозони като в крайно състояние се очакват четири мюона [K12]. През 2015 съвместно с колаборацията на експеримента LHCb беше публикувано наблюдаването на редкия разпад $B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ със статистическа значимост пет стандартни отклонения, и на $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ – със статистическа значимост три стандартни отклонения [K16].

По време на планираното техническо спиране на LHC през 2013-2014г. (Long Shutdown 1 – LS1) участвах в дейности по отстраняване на хардуерни проблеми във високоволтовата захранваща система на камерите със съпротивителна плоскост, предната електроника и в изследването на херметичността на газовите процепи на камерите в цилиндричната част на CMS [K14]. През този период RPC системата бе подготвена за работа при събиране на данни от сблъскване на протони с енергия в система център на масите 13 TeV и повишаване на светимостта на LHC до $10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$ в периода 2015-2018г (RUN-2).

По време на RUN-2 участвах в събирането на данни, като осигурявах правилната работа на системата от камери със съпротивителна плоскост. Работните характеристики на RPC

системата в периода 2015-2017г. са в много добро съгласие с проектните и не се наблюдава тенденция на деградиране [K19]. Характеристиките на мюонната система като цяло след подобренията направени през LS1, измерени след обработване на данните, събрани през 2015 и 2016г. също са в прекрасно съгласие с проектните, например: тригерна ефективност по-голяма от 90%; ефективност по привързване на събитията със сблъсъците в точката на взаимодействие по-голяма от 99%; разделителна способност по време 1.4 ns и ефективност за реконструиране и идентификация на мюони по-голяма от 96%. Един от важните физични резултати с водеща роля на мюонната система на CMS, получени след анализиране на данните, събрани през 2015 е поставянето на горна граница от 6.4×10^{-4} на парциалната вероятност за наблюдаване на разпадане на бозона на Хигс на два мюона [K20].

Научните ми приноси могат да се обобщят по следния начин:

- Разработване и конструиране на RPC за мюонната система на CMS;
- Разработване на тригерна система на тестовия стенд в София;
- Изследване на стабилността на характеристиките на RPC;
- Техническо обслужване и изследване на RPC по време на LS1;
- Събиране на данни с космични лъчи и при сблъсъци на мюони в LHC в периодите 2010-2012 и 2015-2018;
- Изследване еволюцията във времето на характеристиките на RPC системата през гореспоменатите периоди;

В документите е приложено писмо от доц. д-р Габриела Пулиеце.