

Streszczenie

Rozprawa analizuje procesy starzenia i długoterminową stabilność systemu czasowego Fast Interaction Trigger eksperymentu A Large Ion Collider Experiment, ze szczególnym uwzględnieniem poddetektora FT0, który zapewnia sygnał czasu zdarzenia oraz synchronizację z innymi podsystemami podczas trzeciego okresu pracy Wielkiego Zderzacza Hadronów, znanego jako Run 3. Głównym celem było określenie zmian parametrów fotodetektorów w funkcji zintegrowanego ładunku anodowego, opracowanie empirycznego modelu opisującego zależność amplitudy sygnału od czasu pracy oraz wdrożenie procedur kompensacyjnych utrzymujących wymaganą precyzję pomiaru czasu w warunkach wysokich częstotliwości zderzeń i promieniowania.

W początkowych rozdziałach omówiono mechanizmy fizyczne odpowiedzialne za degradację fotopowielaczy z płytkami mikrokanałowymi oraz konwencjonalnych fotopowielaczy i ich znaczenie dla długotrwałej eksploatacji. Opisano architekturę systemu Fast Interaction Trigger, obejmującą elektronikę, taką jak przetwornik czasu na sygnał cyfrowy, przetwornik analogowo-cyfrowy i dyskryminator o stałej frakcji, a także system dystrybucji sygnałów oraz system kalibracji laserowej. Przedstawiono również środowisko analityczne oraz system sterowania detektorem. Opracowany system sterowania umożliwia regulację parametrów pracy, akwizycję danych środowiskowych, automatyczną regulację napięcia oraz okresowe kalibracje z wykorzystaniem lasera.

Dane operacyjne zebrane podczas Run 3 posłużyły do zbudowania empirycznego modelu zależności amplitudy sygnału od zgromadzonego ładunku. Parametr modelu został wyznaczony na podstawie danych kalibracyjnych uzyskanych z pomiarów laserowych oraz z wykorzystaniem cząstek minimalnie jonizujących. Model zastosowano do opracowania dynamicznej procedury kompensacji wysokiego napięcia, zaprojektowanej w celu przywrócenia wzmocnienia i stabilizacji amplitudy sygnału.

Wyniki pokazują, że zastosowane podejście pozwala utrzymać stabilne parametry czasowe i amplitudowe w dłuższych okresach pracy. Dla danych proton-proton uzyskana rozdzielczość czasowa wynosi około 17 ps, a dla zderzeń ołów-ołów około 4 ps. Dane dotyczące tła i dane operacyjne są publikowane w interfejsie Wielkiego Zderzacza Hadronów, co umożliwia ich wykorzystanie w globalnym monitoringu i analizach.

Opracowane narzędzia i procedury tworzą spójne środowisko łączące modelowanie fizyczne starzenia detektorów z warstwami sterowania i analizy danych. Rozprawa przyczynia się do poprawy stabilności i niezawodności systemów czasowych w eksperymentach fizyki

wysokich energii. Zaproponowany model i metody kompensacji mogą zostać zaadaptowane do przyszłych modernizacji detektorów lub innych systemów działających w warunkach wysokiego promieniowania i częstotliwości zdarzeń.

Słowa kluczowe: ALICE-FIT, FT0, starzenie fotodetektorów, ładunek anodowy, kompensacja wysokiego napięcia, rozdzielczość czasowa, Detector Control System.