

Główne badania w zakresie fizyki plazmy i energetyki termojądrowej zaczęły się w latach 50-tych 20-tego wieku. Siłami napędowymi były: kluczowe odkrycia w zakresie fizyki jądrowej, znaczący skok technologiczny, stale rosnące zapotrzebowanie na energię i potencjalne wykorzystanie w zastosowaniach militarnych. Doprowadziło to, na przykład, do zbudowania pierwszych reaktorów jądrowych. Pomimo ważnych osiągnięć ubiegłego wieku, nadal poszukuje się nowych, doskonalszych źródeł energii. W naturze, Słońce jest takim źródłem. Słońce to gigantyczny reaktor termojądrowy, który wytwarza energię w wyniku fuzji lekkich jąder. Problem skonstruowania urządzenia, które działałoby w podobny sposób jak Słońce, stał się jednym z najważniejszych problemów współczesnej fizyki i inżynierii. W 20-tym wieku, powstały cztery główne typy urządzeń, uważane za przyszłe reaktory termojądrowe: tokamaki, stellaratory, laboratoria mikrofuzji laserowej i urządzenia plasma-focus. Obecnie te ostatnie są wykorzystywane głównie w badaniach podstawowych z zakresu fizyki plazmy i stają się coraz bardziej popularne, jako wydajne źródła promieniowania.

Urządzenie plasma-focus PF-24 jest przykładem dynamicznego, nie cylindrycznego generatora plazmowego typu z-pinch z komorą eksperymentalną typu Mathera. Działa ono w Instytucie Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk. Urządzenie PF-24 wytwarza plazmę w gazie roboczym w postaci cienkiej, promieniowo symetrycznej warstwy prądowej, powstałej w wyniku przebicia elektrycznego po powierzchni izolatora między współosiowymi elektrodami. Powstała warstwa plazmowa szybko odrywa się od izolatora i jest przyspieszana wzdłuż anody siłą Ampera. Na końcu anody warstwa jest ściskana w kierunku osi z (kierunek promieniowy); powstaje tzw. pinch plazmowy. Pinch plazmowy jest stosunkowo krótko-życiowym (do około 100 ns) i małym obiektem (kilka centymetrów sześciennych objętości) w kształcie lejka lub kolumny. Jest również źródłem różnego rodzaju promieniowania: promieniowania elektromagnetycznego, jonów, elektronów, fal plazmowych i jetów plazmowych oraz neutronów (gdy używany jest lekki gaz, na przykład deuter).

Procesy fizyczne związane z wyładowaniem w urządzeniu plasma-focus, nadal nie są w pełni zbadane i zrozumiane. Jednym z takich procesów jest kompresja radiacyjna plazmy. Kompresja radiacyjna plazmy jest zjawiskiem, w którym gęstość plazmy i emisja promieniowania rentgenowskiego powinny znacznie wzrosnąć, podczas gdy objętość plazmy i jej temperatura powinny znacznie zmaleć. Efekt ten powinien teoretycznie prowadzić do bardzo wysokich koncentracji plazmy (do 10^{28} cząstek / cm^3) i bardzo małego promienia pinchu (do 10^{-6} cm). Osiągnięcie tak dużej kompresji nie zostało jednak udowodnione eksperymentalnie. W rzeczywistości uważa się, że kompresja radiacyjna plazmy jest dostatecznie zbadana tylko w przypadku wyładowań micro-pinch (rodzaj wyładowania typu z-pinch). W przypadku innych urządzeń typu z-pinch wyniki zarówno teoretycznie, jak i eksperymentalnie są kontrowersyjne, niejednoznaczne i niewystarczające. Stąd proponowany projekt koncentruje się na weryfikacji zjawiska kompresji radiacyjnej plazmy.

Projekt obejmuje badanie kompresji radiacyjnej plazmy z wykorzystaniem połączonych metod eksperymentalnych i teoretycznych. Eksperymenty zostaną przeprowadzone przy użyciu urządzenia PF-24 i trzech systemów diagnostycznych: cewki Rogowskiego, sondy magnetycznej i ultraszybkiego 4-kadrowego systemu obrazowania plazmy w zakresie ultrafioletu próżniowego i miękkiego promieniowania X. Wyładowania będą wykonywane w deuterze, gazach szlachetnych i mieszaninach deuteru z szlachetnymi gazami. Obliczenia teoretyczne zostaną przeprowadzone przy użyciu 5-fazowego kodu modelu Lee. Metody eksperymentalne i teoretyczne zostaną połączone przy użyciu specjalnej procedury dopasowywania symulowanych przebiegów prądu do mierzonych. Wyniki będą komplementarne, dostarczając zestaw parametrów opisujących plazmę i wyładowanie w funkcji czasu.

Projekt ma charakter badań podstawowych gorącej i gęstej plazmy elektronowo-jonowej generowanej w urządzeniach z-pinch. Uzyskane parametry umożliwią: weryfikację zjawiska kompresji radiacyjnej plazmy oraz określenie warunków, w których kompresja radiacyjna może rozwijać (i nie może się rozwijać) podczas wyładowania. Realizacja projektu wyjaśni kontrowersje związane z badanym zjawiskiem i umożliwi zdobycie sprawdzonej wiedzy. Badania te są również ważne dla lepszego poznania innych efektów towarzyszących wyładowaniom z-pinch, na przykład zjawiska produkcji i emisji neutronów fuzyjnych. Ponadto wyniki tego projektu mogą zastać wykorzystane do dalszego rozwoju kodu modelu Lee. Potwierdzenie zwiększonej emisji promieniowania może umożliwić lepsze wykorzystanie urządzeń, jako silnych, pulsacyjnych źródeł promieniowania. Zwiększone promieniowanie może być wykorzystywane w testach materiałów i ich własności, dynamicznej, nie destrukcyjnej kontroli jakości, mikrolitografii w promieniowaniu X i obróbce materiałów oraz w innych potencjalnych zastosowaniach.