ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВОЇ СТІЙКОСТІ ІНДУКЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЧАСТОТНОГО ІМПУЛЬСНО-ПЕРІОДИЧНОГО СИЛЬНОСТРУМНОГО ЛІНІЙНОГО ІНДУКЦІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ЗАРЯДЖЕНИХ ЧАСТИНОК

Ложкін Р.С., Хоменко І.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Лінійні індукційні прискорювачі (ЛІП) заряджених частинок відносяться до класу прискорювачів, майже не обмежених по енергії і потужності пучка, і перспективні для багатьох технологічних напрямків, таких як: перероблення ядерних відходів з отриманням додаткової енергії (у «підкритичних зборках»); очищення до природної чистоти скидних комунальних стоків мегаполісів (електронно-променеве очищення води); радіаційна електронно-променева зшивка крупних полімерних виробів (труб, жил та оболонок кабелів); термоядерна енергетика на важких іонах тощо. Потрібна середня потужність пучка для промислового застосування може знаходитись в діапазоні від одиниць мегават до майже гігаватного рівня при потрібній енергії прискорених частинок в діапазоні від одиниць до сотень мегаелектронвольт. Це реалізується за допомогою забезпечення як змога більшої величини струму пучка в імпульсі та завдяки забезпеченню як змога більшої частоти посилок прискорювальних імпульсів.

Найбільша кількість енергетичних втрат в ЛІП припадає на індукційну систему (ІС). Оскільки прийнятним для ЛІП вважається ККД ІС на рівні 80…90% - в наслідок втрат на перемагнічування феромагнетику в ІС може губитися 10…20% від загальної кількості енергії, уведеної в секцію ЛІП через енергопроводи. Оскільки споживана середня потужність секції може знаходитись на мегаватному рівні – теплові втрати на перемагнічування в секції можуть сягати декількох сотень кіловат. Тому для забезпечення високої частоти посилок прискорювальних імпульсів потрібно вирішити проблему ефективного охолодження феромагнетику індукторів ІС, вага котрого може сягати в окремій секції до однієї тонни та більше, а температура має на перевищувати 100ºС.

Для охолодження прийнятним є застосування примусового ламінарного потоку охолодної трансформаторної оливи через щілинні канали між індукторами ІС. Для цього нами була розроблена чисельно-аналітична модель, що дозволяє визначити максимально припустиму частоту посилань прискорювальних імпульсів при заданих параметрах ІС, секціонованої як по осьовій довжині, так і по радіусу. Аналіз показав, що найбільш високу частоту посилок (до 500 Гц) можна отримати при застосуванні ІС технічно прийнятних розмірів, секціонованої по осьовій довжині; технічно досяжним є забезпечення середнього приросту потужності пучка на рівні 1 МВт при збільшенні його енергії на 1 МеВ. При цьому варто застосовувати автоматичний контроль та плавне регулювання швидкості руху охолоджуючої оливи за допомогою температурних датчиків.