БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ЕЛЕКТРОНИКА
"Акад. Емил Джаков"

ЧИСЛЕНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И КОМПЮТЪРЕН ДИЗАЙН (CAD) НА МОЩНИ ЖИРОТРОНИ ЗА НАГРЯВАНЕ НА ПЛАЗМАТА В РЕАКТОРИ ЗА УПРАВЛЯЕМ ТЕРМОЯДРЕН СИНТЕЗ

(Асоциация ЕВРОАТОМ-ИЯИЯЕ: Задача 2.1.2 "Разработване на компютърни програми за описание на поведението на мощни жиротрони"

KIT Karlsruhe Institute of Technology — IHM Institute for Pulsed Power and Microwave Technology

Проф. М. Тум, Д-р С. Керн, Д-р С. Или

CRPP — EPFL ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Проф. М. Тран, Д-р Ж-Ф. Ходж, Д-р С. Алберти, Д-р Т. Тран

Association EURATOM-INRNE

INSTITUTE OF ELECTRONICS BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES — BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Д-р С. Събчевски - Ръководител

Д-р Р. Еников, Д-р Е. Балабанова, М. Дамянова, Е. Василева

Sofia University St. Kliment Ohridski

Проф. Ив. Желязкав,

Д-р П. Данков, Д-р П. Малинов

МОТИВАЦИЯ, ЦЕЛИ И ОЧАКВАНИЯ

МОТИВАЦИЯ

Жиротроните са най-мощните източници на кохерентно излъчване в милиметровия и суб-терахерцовия диапазон на електромагнитния спектър и се използват за нагряване на магнитно удържана плазма в реактори за управляем термоядрен синтез (токамаци, стеларатори и др.), в това число и на този, който се изгражда в рамките на международния проект ITER. Компютърното проектиране на жиротроните се осъществява на базата на числени експерименти (симулации) с помощта на пакети от приложни програми, в които са реализирани адекватни физически модели. Настоящият проект обхваща както поддържането и оптимизирането на съществуващите средства (модели, софтуер, изчислителна инфраструктура) така също и създаването на нови модели, изчислителни и интерфейсни модули, програми за подготовка на данните за числените експерименти и за визуализация на резултатите от симулациите. По тази тематика български изследователи работят в сътрудничество с двете водещи европейски институции, разработващи ново поколение от жиротрони за ITER: Института по мощни импулсни и микровълнови технологии (IHM-KIT) на Изследователския център "Технологичен Институт Карлсруе" (KIT), Германия и Център за Изследване на Физиката на Плазмата (CRPP-EPFL) в Политехническия институт на Лозана, Швейцария.

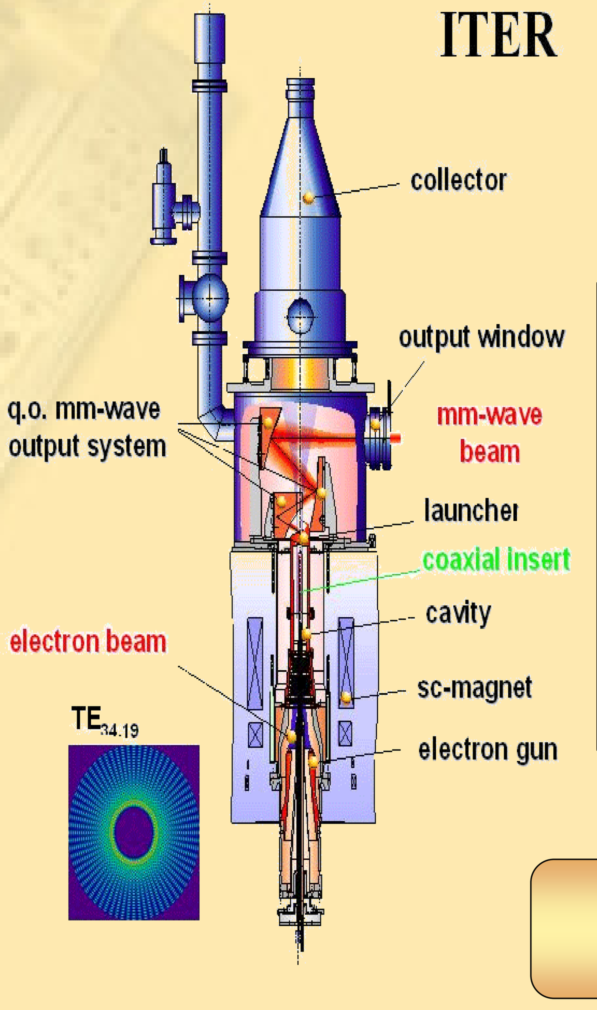
ЦЕЛИ

Разработване на адекватни, самосъгласувани и информативни физични модели формулирани в двуразмерни (2D) и триразмерни (2D) пространства и тяхното реализиране във високопроизводителни и ефективни проблемно-ориентирани пакети от приложни програми за изследване (анализ, оценка) проектиране и оптимизиране на мощни жиротрони за термоядрен синтез, които да са използваеми на съвременни изчислителни платформи, включително многопроцесорни и паралелни (напр. клъстери от компютри, изчислителни мрежи) и да допускат преносимост (portable) и по-нататъшно разширяване (extensible).

ОЧАКВАНИЯ

- ❑ Разработваните средства ще се използват за анализ, оптимизация и компютърен дизайн (CAD) на мощни жиротрони за термоядрен синтез от ново поколение, характеризиращи се с подобрени характеристики (висока ефективност и стабилност на изходната мощност и честотата в режим на непрекъсната вълна, т.е. CW) чрез прецизно проектиране на електронно-оптичната система (ЕОС), електро-динамичната система (резонатора) и квази-оптичната система.
- ❑ Данните, получени от числените експерименти ще допринесат за по-задълбоченото и детайлно разбиране на физическите процеси и влиянието на различни фактори върху параметрите и работата на мощни жиротрони
- ❑ Получените нови знания и по-мощните средства за моделиране и симулации ще позволят разработването на нови жиротрони от мегаватен клас.

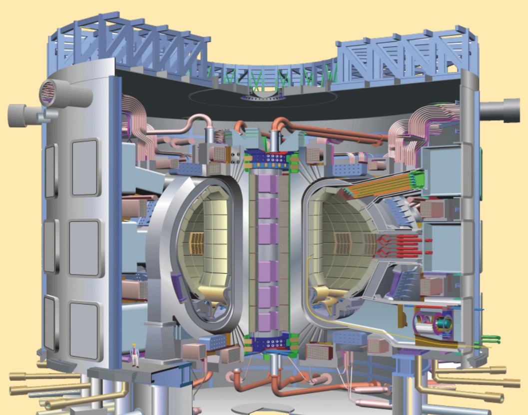
2 MW, 170 GHz Coaxial-Cavity Gyrotron for ITER



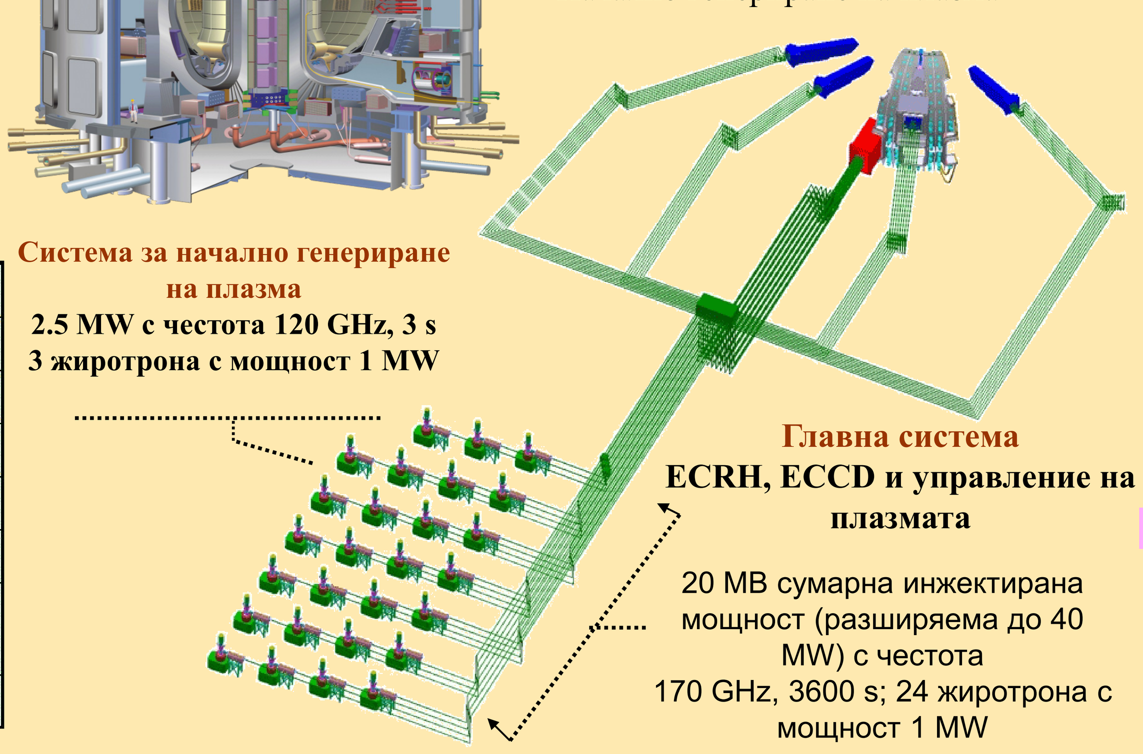
Design Specifications

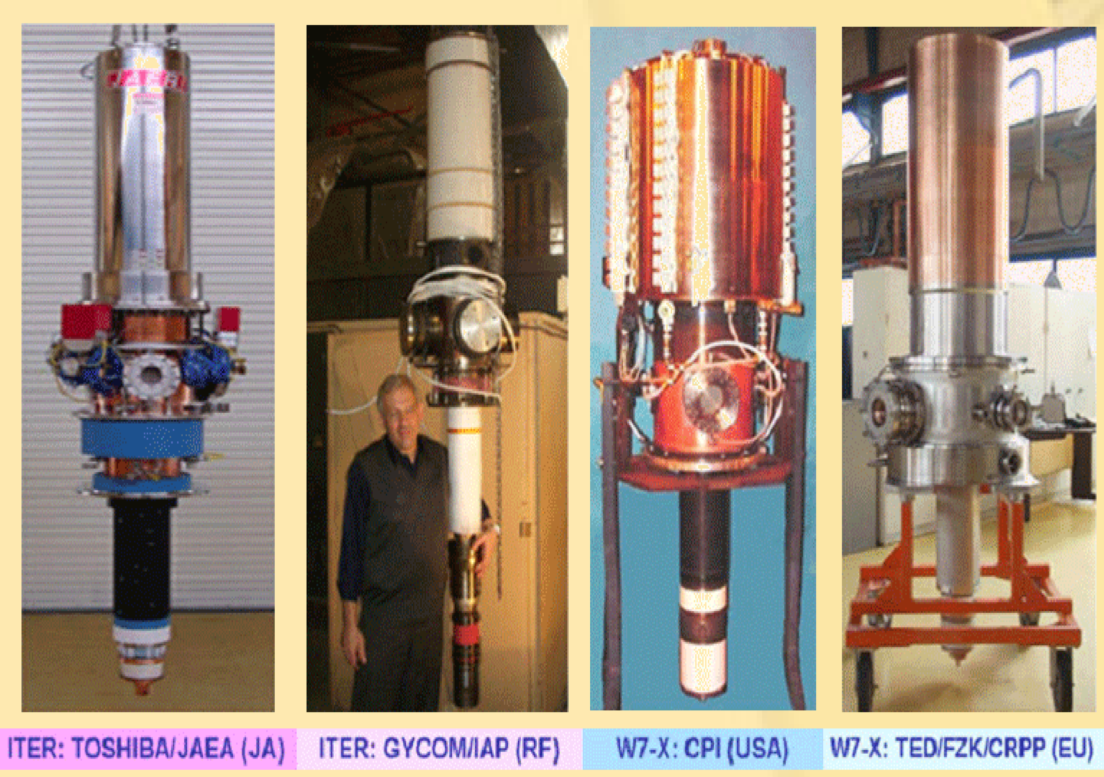
Design mode	$TE_{34,19}$
Output frequency	170 GHz
mm-wave output power	2 MW
Beam current	< 75 A
Accelerating voltage	< 90 kV
Cavity magnetic field	6.87 T
Output efficiency (w/o SDC)	33 %
Output efficiency (SDC)	> 50 %

ЖИРОТРОНИ ЗА УТС



- Нагряване на плазмата (ECRH)
- Поддържане на плазмения ток (ECCD)
- Поддържане на модовия състав
- Начално генериране на плазма

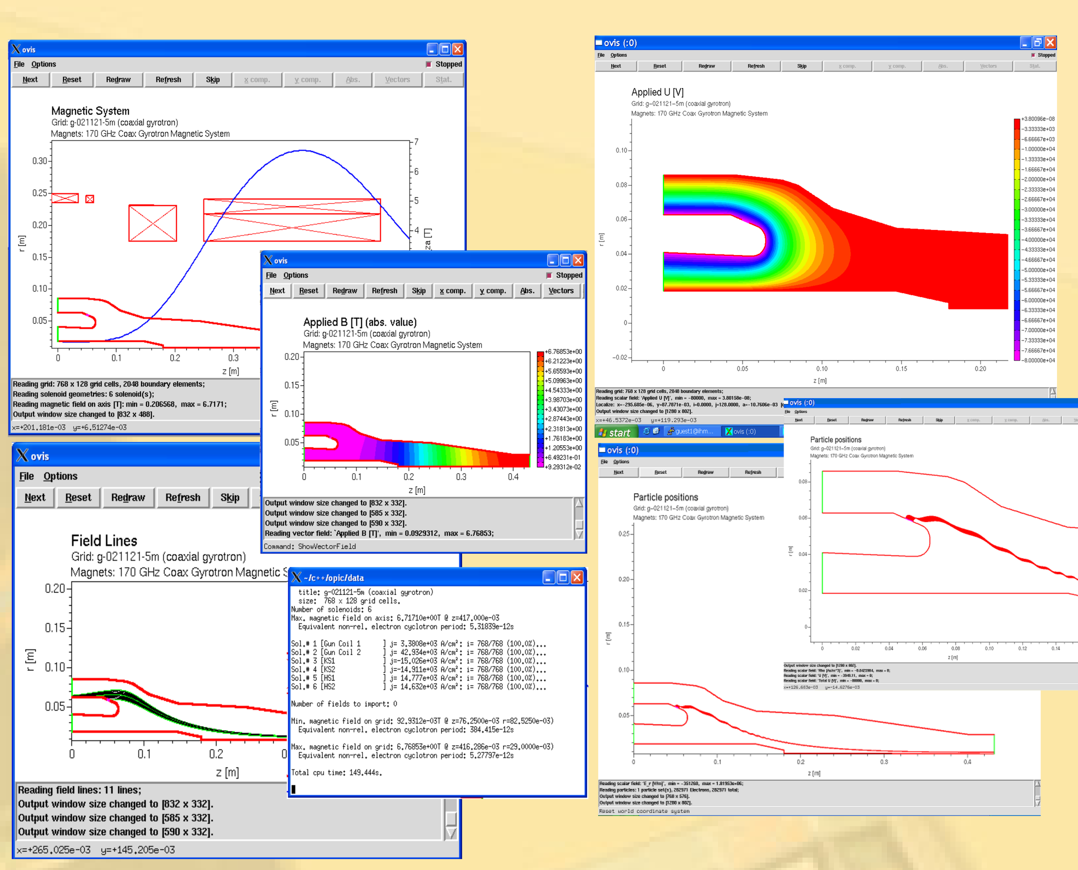




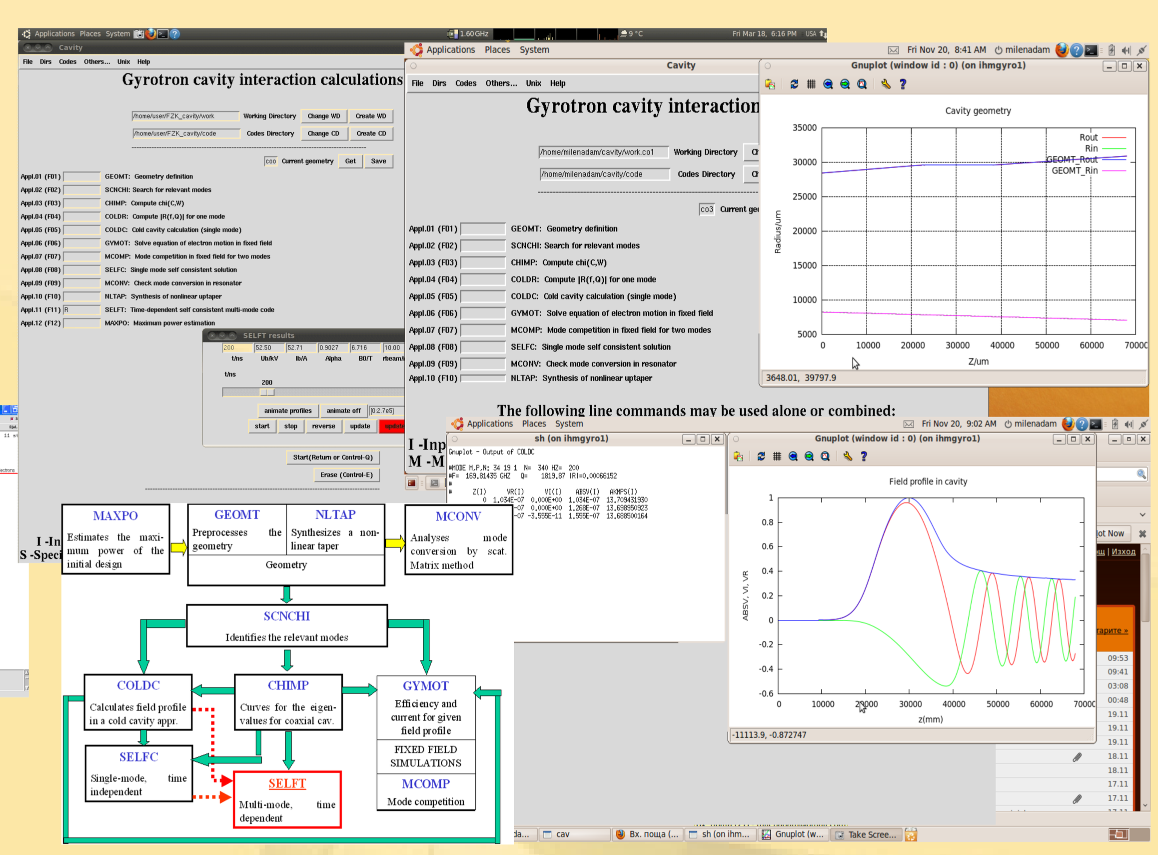
Жиротрони от мегаватен клас с цилиндричен резонатор за ITER (170 GHz) и за стелератора W7-X (140 GHz)

ИЛЮСТРАТИВНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ЧИСЛЕНИ ЕКСПЕРИМЕНТИ

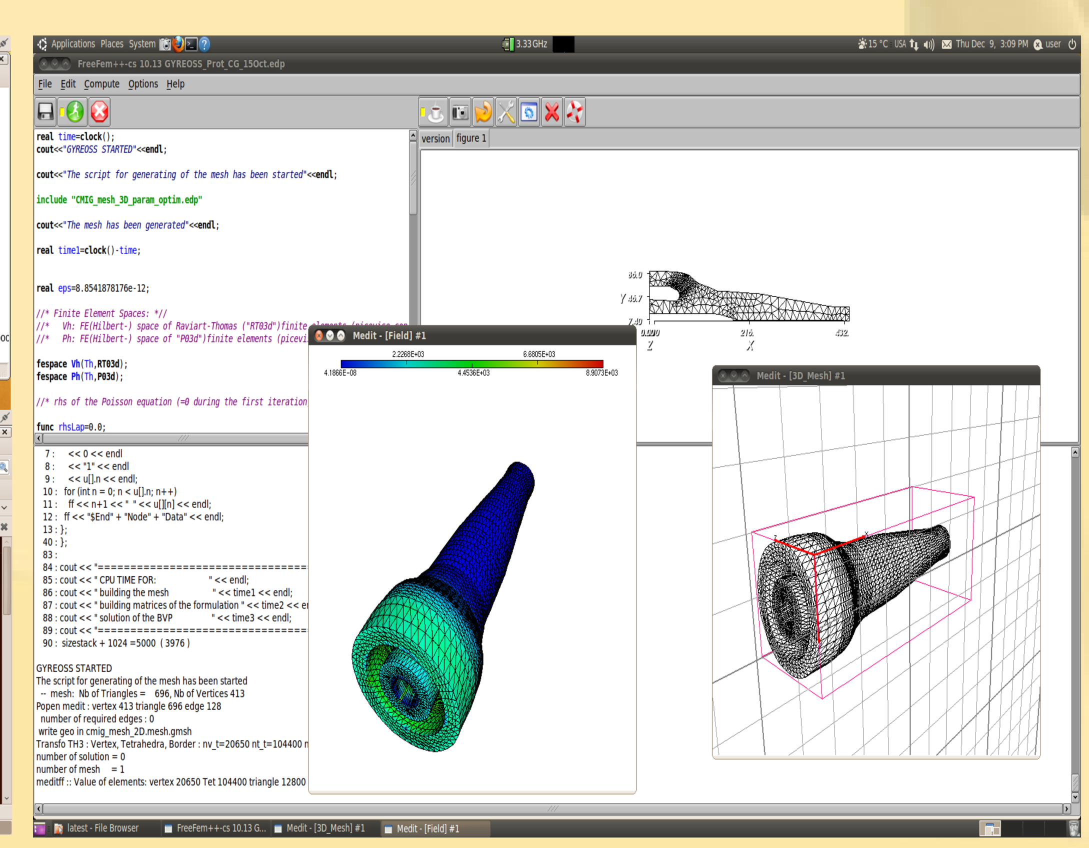
ТРАЕКТОРЕН АНАЛИЗ НА ЕОС С ПАКЕТА ESRAY



ЧИСЛЕНИ ЕКСПЕРИМЕНТИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РЕЗОНАТОРА С ПАКЕТА KIT_CAVITY



3D СИМУЛАЦИИ НА MIG С ПАКЕТА GYREOSS



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- ❑ **В процес на разработване са нови средства за числено изследване и компютърно проектиране на мощни жиротрони, използвани за електронно циклотронно резонансно нагряване и поддържане на плазмата в реактори за управляем термоядрен синтез. Те ще бъдат използвани за проектиране и оптимизиране на новото поколение от жиротрони с изходна мощност от порядъка на няколко мегавата в режим на непрекъсната вълна.**
- ❑ **Основните направления, по които предстои да продължи работата по проекта са свързани с прехода от двуразмерни към триразмерни формулировки на физичните модели и разработване на паралелни програми. Както поддържаните така и новоразработваните програми принадлежат към пакетите GYROSIM и GYREOSS.**