

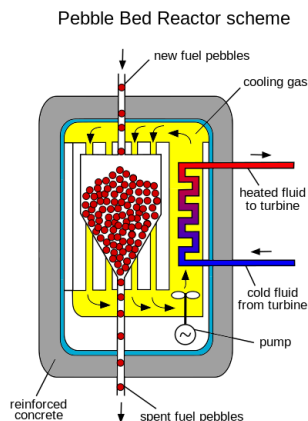
Доклад

На Пламен Георгиев Маргоевски

Тема: Разработка на нови типове реактори- 4-то поколение

Както и всяка друга машина, система, устройство така и ядрените реактори, с напредване на науката, се модернизират. Целите са по-добро изгаряне на горивото, по-голяма безопасност и редица други недостатъци на предходното поколение. За навлизане на енергийния пазар към 2030-2035 година експертни групи от 10 държави разработват шест типа ядрени реактори от IV-то поколение. Текущата експлоатация по света се счита от II или III-то поколение реактори, като повечето от I-во поколение реакторни системи е пенсионирано преди известно време. В момента има построени или започнати проекти за изграждане на реакторни системи от поколение III⁺.

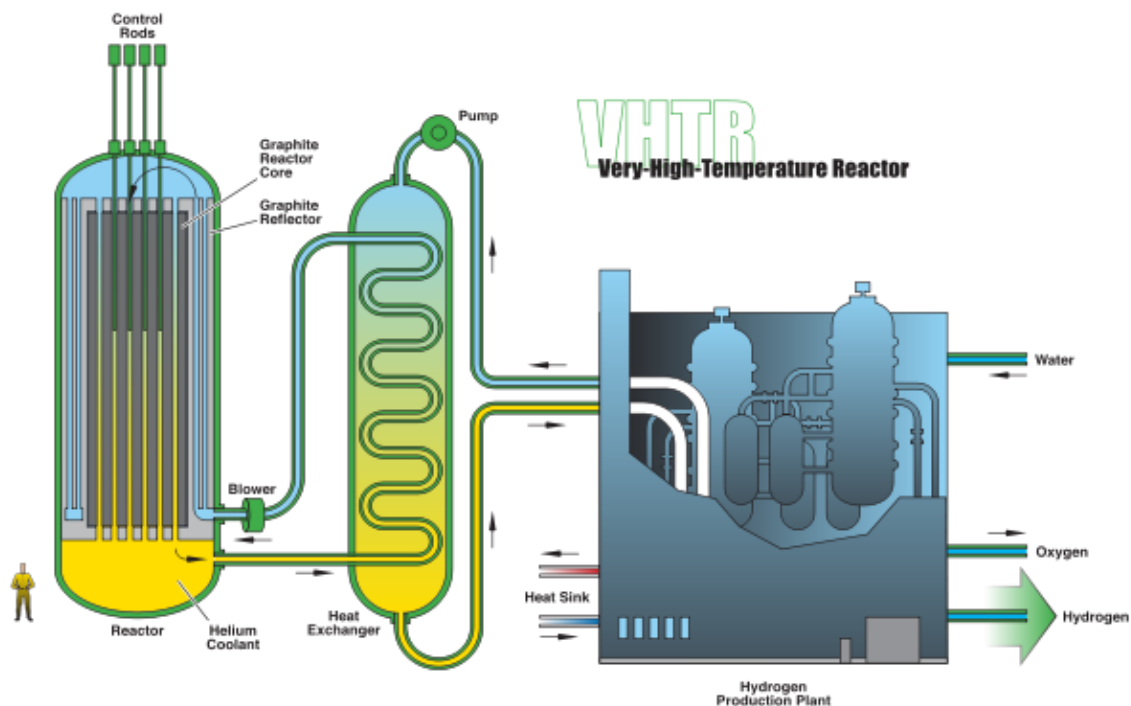
Много високо температурни реактори (VHTR)- е реактор от IV-то поколение които в активната си зона достигат температура до 1000 °C. В зависимост от дизайна активната зона може да бъде „призматичен блок” или така наречено „pebble-bed”. „Pebble-bed” е показан отдолу на фигурата.



За гориво в реактори от типа VHTR се използва уранов двуокис, уранов карбид или уранов оксикарбид направени под формата на TRISO гориво. TRISO гориво представлява сфера като в ядрото и е разположено горивото, а отгоре е обвита с четири слоя на три изотропни материала. За топлоносител се използва хелий или разтопена сол. Хелия е инертен газ който не взаимодейства с материалите изграждащи активната зона и излагането му на неутронно лъчение не го прави радиоактивен. Разтопената сол дава възможност за работа на реактора (LS-VHTR) при високи температури тъй като температурата на кипене на разтопени соли обикновено е над 1400°C .

За контрол на тези реактори се използват регулиращи пръти, който в зависимост от дизайна ще бъдат поставяни в дупки в графитните блокове, който образуват активната зона или ще бъдат поставяни в рефлектора.

Основните плюсове на този тип реактори високата изходна температура (1000°C) и голямата дълбочина на изгаряне на горивото (200 GWd/t).



Фиг.1- Принципна схема на Много високо температурни реактори

Супер критични водни реактори SCWR- са реактори IV-то поколение който работят с вода в течно или газообразно състояние която е с налягане и температура много по- големи от параметрите на водата в познатите ни в днешно време работещи реактори –PWR, BWR и ВВЕР. В този тип реактори SCWR се използва лека вода. Супер критичните водни реактори работят с бързи неутрони (така наречената суперкритична вода има по-малка плътност от където и по-лоша забавяща способност). Използването на бързи неутрони има следните предимства:

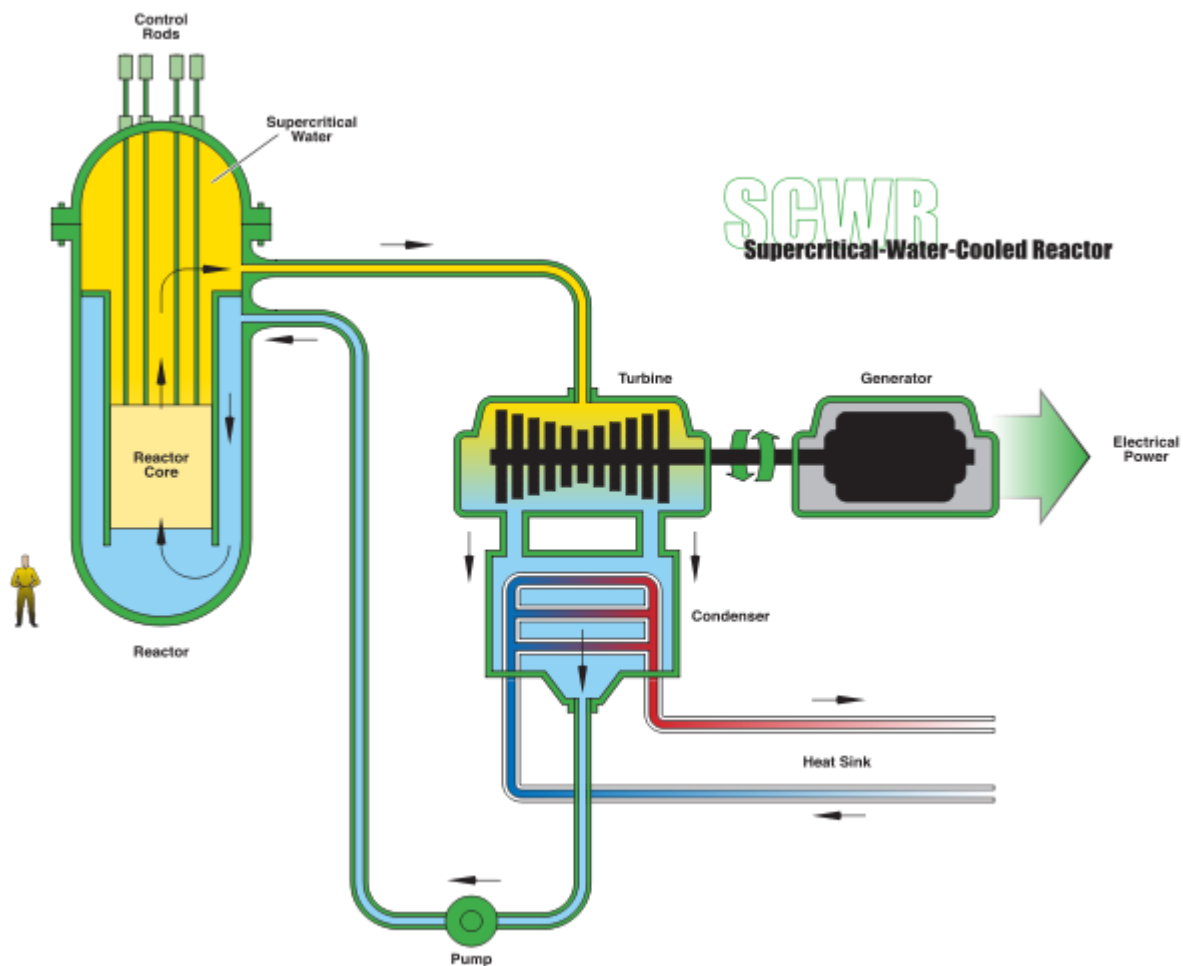
- По-висока плътност на мощността, генерира повече мощност за същия размер на реактора.
- Коефициент на възпроизводство по-голям от единица. Кое то дава възможност за използване на 99% от природния уран.
- Бързите неутрони разделят актинидите.

Горивото на SCWR ще бъде поставено в касети изградени от топлоотделящи елементи, но трябва да е с по- високо обогатяване по уран 235, за да се компенсира поглъщането на неутрони. Поглъщането на неутрони ще бъде по-голямо поради използване на други материали, като например легирана стомана или никелови сплави, за изработването на обвивките за ТОЕ. Цирконий не може да се използва поради това, че при такива високи параметри ще корозира бързо.

Контрола на мощността в супер критичните реактори ще се извършва с регулиращи и компенсиращи пръти както ВВЕР и PWR.

Предимствата на SCWR са:

- По високата температура подобрява ефективността на 45% в сравнение с 33% на LWRs .
- По-добра икономия на горивото и по-малко остатъчно топлоотделяне.
- Суперкритичната вода има голяма топлопrenoсяемост, което позволява висока плътност на мощността.
- По-малки размери на активната зона.



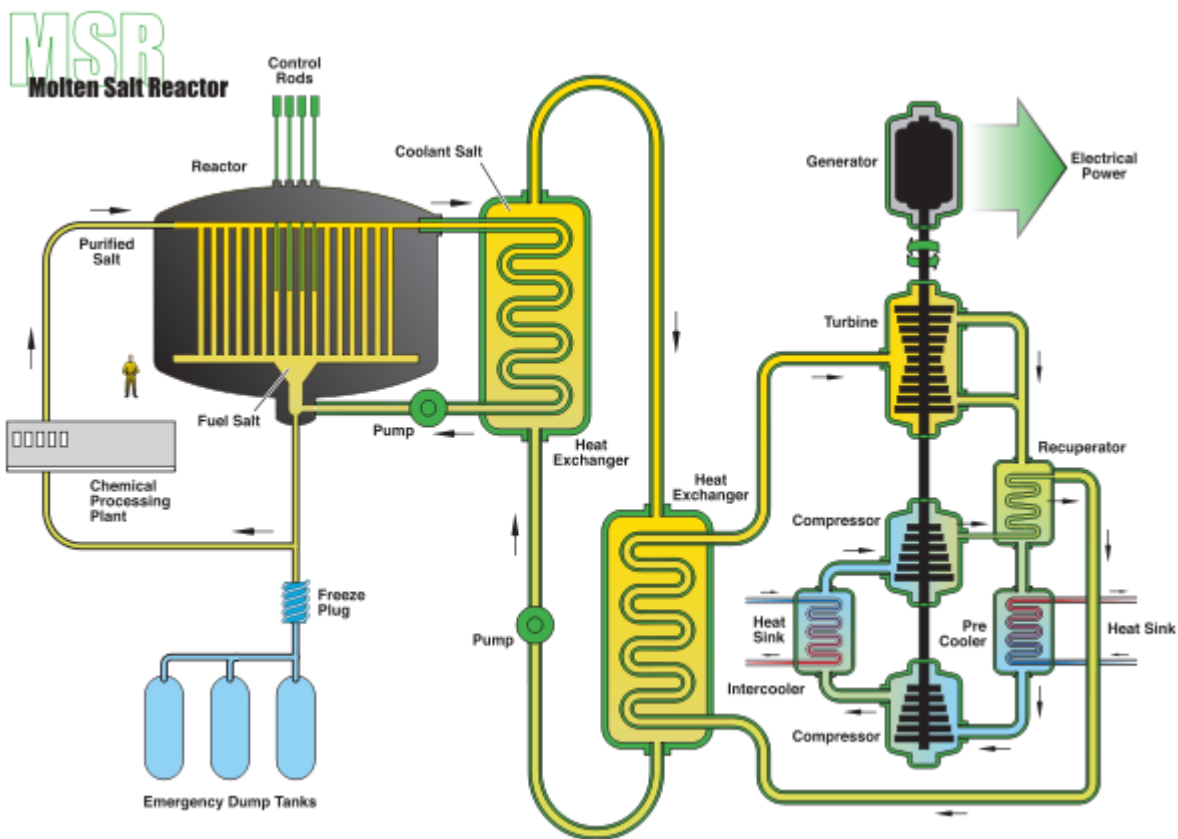
Фиг.2- Принципна схема на Супер критичните водни реактори.

Реактори с разтопена сол MSR- е ново поколение реактор, който използва за топлоносител разтопена сол. Горивото може да бъде в твърдо състояние или разтопено в топлоносител (в солта). В тези реактори се работи с налягания блиски до атмосферните, което намалява механичното напрежение понесено от системата, като по този начин опростява реакторния дизайн и подобряване на безопасността. Реакторите MSR са съоръжени с пасивна система за безопасност, която при обезточване или при отказ на регулиращите пръти, привежда разтвореното гориво в твърдо състояние и спира верижната реакция.

Основни предимства на този тип реактори са:

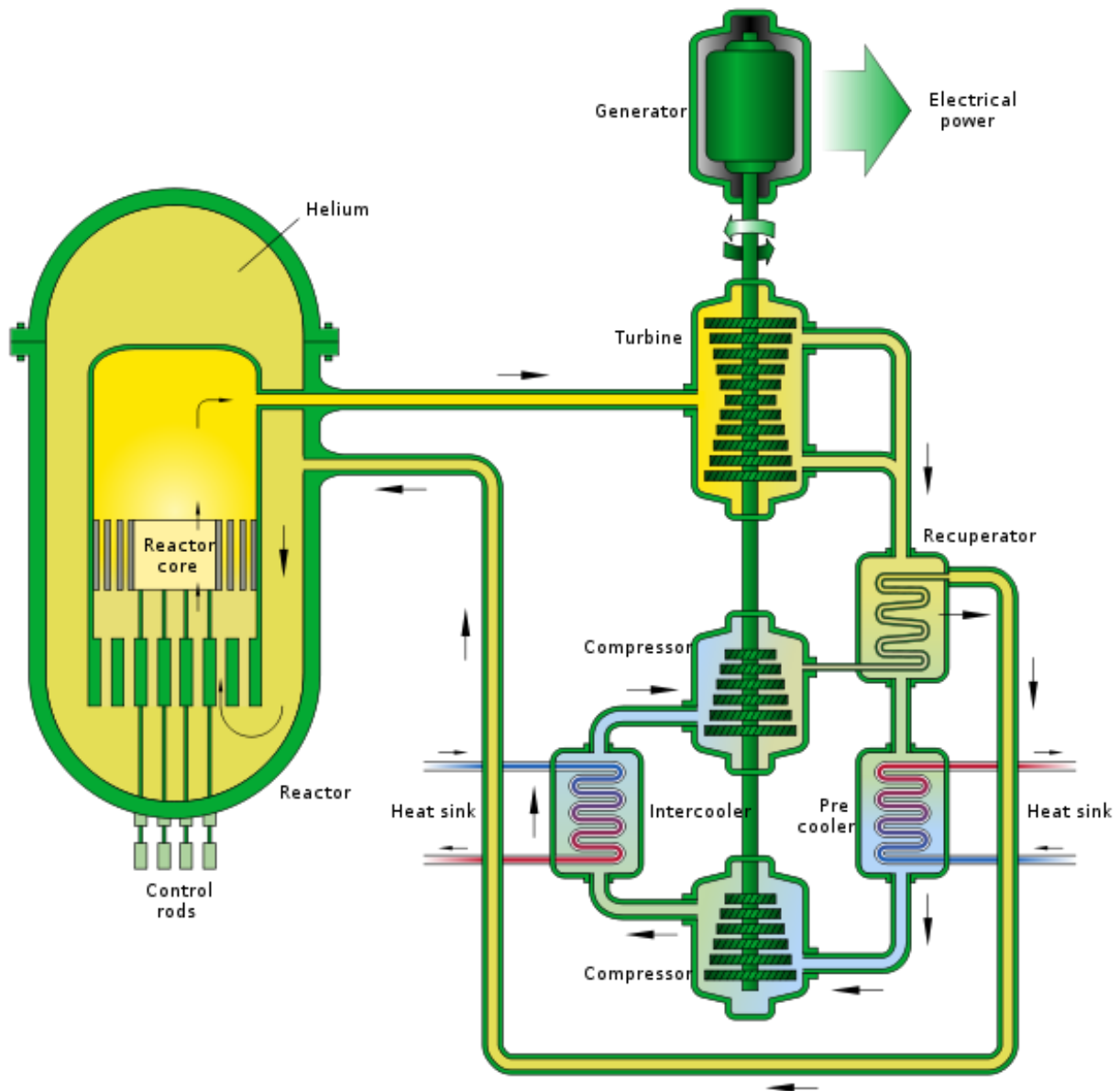
- Безопасност чрез пасивни компоненти и силен отрицателен температурен коефициент по реактивност.
- Възможност за използване на торий и получаване на уран 233
- Много по –чисти. Отпадъците от реактора са обикновено сама продукти на делене с нисък период на полуразпад.
- Не е необходимо изработване на горивни пръти.
- Реактора работи при атмосферни условия.
- Може да се конструира и за малки мощности 2-8 MW.
- По-добро топлоотнемане на солта всравнение с водата.
- MSR могат да се зареждат с делящ материал от демонтирани ядрени оръжия.

В тези реактори обаче има големи изисквания към изграждащия материал, който трябва да е с добра корозионна устойчивост при високи температури.



Фиг.3- Принципна схема на реактор с разтопена сол.

GFR-Реактор на бързи неутрони с топлоносител газ- е нов тип дизайн, който в момента е в разработка. Класифициран като ново поколение той се характеризира с бързи неутрони и затворен горивен цикъл. Референтния дизайн е топлоносител хелий с изходна температура 850°C като се използва пряко цикъла на Брейтън в газова турбина за по-висока топлинна ефективност. Реакторите са предназначени както за производство на електроенергия така и за възпроизводство на ядрено гориво и са с по-висока плътност на мощността от реакторите тип HTGR.

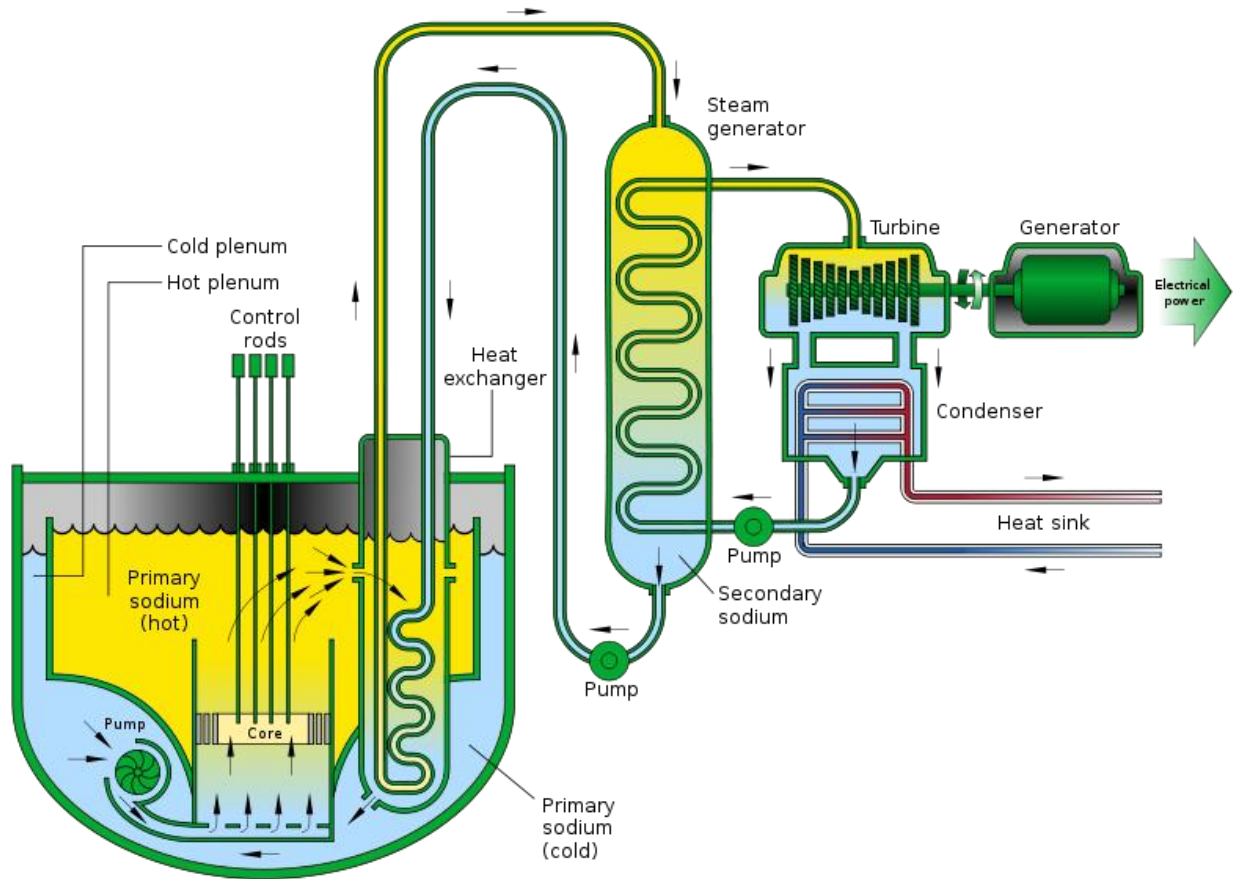


Фиг.4- Реактор на бързи неутрони с газова турбина

Вреактори GFR могат да се използва за гориво както урана така и тория, които след поглъщането на неутрон се превръща в делящ изотоп уран 233.

А за топлоносител освен хелия може да се използва и въглероден диоксид и редица други газове с ниско сечение на поглъщане. Използването на газ за топлоносител премахва възможността за фазов преход предизвикани от експлоатацията, в сравнение с реакторите с топлоносител вода (PWR, BWR). Също така позволява по-високи работни температури и по-висока топлинна ефективност.

SFR-Реактор на бързи неутрони с топлоносител натрий- е реактор от IV- то поколение. Той е тясно свързан със съществуващ вече проект, който е LMFBR. Едно от предимствата на реактори с топлоносители течен метал е висок топлинен капацитет , който осигурява топлинна инерция срещу прегряване. Един от недостатъците на натрия е неговата химична реактивност която изисква специални предпазни мерки за предотваряване и потушаване на пожари. Ако натрий влезе в контакт с водата се получава експлозия . Такъв беше случая в атомната електроцентрала в Монджу през 1995г. С нововъведения с намаляване на капиталовите разходи, като модулен дизайн, отстраняване на първичния контур, интегриране на помпа и междинен топлообменник, или просто да се намерят по-добри материали за строителството, SFR може да бъде жизнеспособна технология за производство на електроенергия.



Фиг.-5- Принципна схема на реакторе тип SFR.

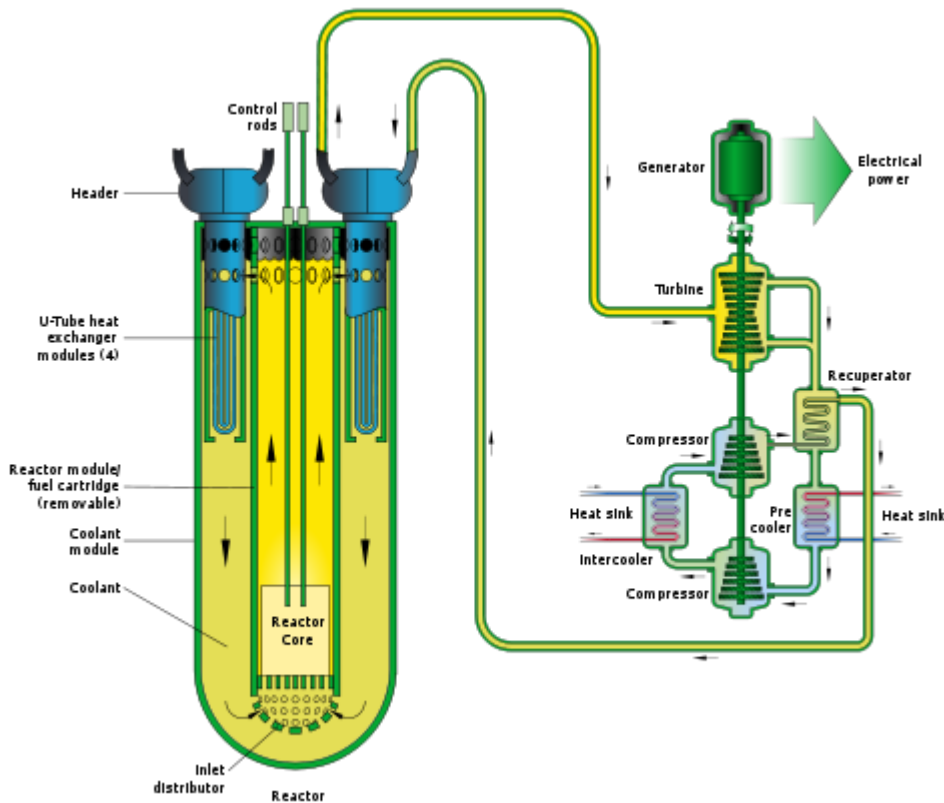
LFR- Реактор на бързи неутроне с топланосител течно олово- също е ново поколение реактори. Разтопеното олово може да се използва в реакторите за топланосител, защото има нисъко сечение на поглъщане и относително нески точки на кипене. Неутроните се забавят по-малко при взаимодействие с тежки ядра, което прави този тип реактори- реактори с бързи неутроне. Този тип реактори се охлажда от естествена конвекция, температурата на охлаждащата течност на изхода е 550°C или 800°C при използване на модерни материали.

Основни предимства са:

- Презареждането може да стане след години работа на реактора.
- Тъй като не е необходима електричество за охлаждане този проект е по-безопасен от редица други.

- Оловото не може да предизвика експлозия и бързо да се втвърди при наличието на теч.
- Тези реакторе са по-компактни в сравнение с реакторите с топлоносител вода.
- Оловото е силен абсорбатор и се явява добър щит срещу гама лъчите.

Такива реакторни системи в момента се изграждат от Русия САЩ и Белгия.



Фиг. 6 – Принципна схема на реактор тип LFR

Реакторите IV-то поколение имат както своите предимства така и своите недостатъци и в момента те все още са в проект на разработка и изследване и не се знае кой от тях ще се наложат в бъдеще.