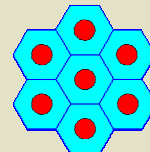
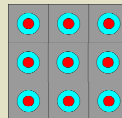




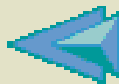
Πυρηνική Τεχνολογία - ΣΕΜΦΕ



Κεφάλαιο 2^ο



Εισαγωγή στην Πυρηνική Τεχνολογία



Παρουσίαση 2.4



1

Περιεχόμενα Παρουσίασης 2.4

1. Αρχή Λειτουργίας των ΠΑΙ : Η Σχάση
2. Πυρηνική Ηλεκτροπαραγωγή – ΠΗΣ
3. Πυρηνικά Υλικά και Τύποι ΠΑΙ
4. Σύγχρονοι ΠΑΙ
5. Ο Κύκλος του Πυρηνικού Καυσίμου
6. Διαστασιολόγηση, Παραγωγή Ενέργειας και Λειτουργία ενός ΠΑΙ

Περιεχόμενα Παρουσίασης 2.4

7. Ραδιοπεριβαλλοντικές Επιπτώσεις από τη Λειτουργία των ΠΑΙ
8. Πυρηνικά Ατυχήματα
9. Εξέλιξη των ΠΑΙ
10. ΠΑΙ 4ης Γενιάς

25-10-03

ΠΤ-ΣΕΜΦΕ-Εισαγωγή στην ΠΤ-2.4

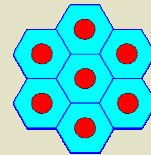
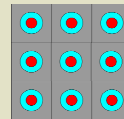
3



Εισαγωγή στην Πυρηνική Τεχνολογία



Κεφάλαιο 2^ο



3. Πυρηνικά Υλικά και Τύποι Πυρηνικών Αντιδραστήρων Ισχύος (ΠΑΙ)

4

Τα Τρία Βασικά Υλικά που χαρακτηρίζουν τον Τύπο ενός ΠΑΙ

- Το Πυρηνικό Καύσιμο :
 - Φυσικό ή Εμπλουτισμένο Ουράνιο : ΠΑΙ θερμικών νετρονίων
 - Άλλοι πυρήνες εφόσον διατίθενται ταχέα νετρόνια.
- Ο Επιβραδυντής
 - Ελαφρύ νερό (BWR, PWR κλπ.)
 - Βαρύ νερό (CANDU κλπ.)
 - Γραφίτης (Αερίψυκτοι ΠΑΙ)
- Το Ψυκτικό Μέσο
 - Νερό (ελαφρύ H_2O ή βαρύ D_2O)
 - Αέριο (He ή CO_2)
 - Υγρά Μέταλλα (Na ή K – ΠΑΙ ταχέων νετρονίων)

Οριακές Συνθήκες και Περιορισμοί ως προς τὰ Βασικά Υλικά

Υπάρχουν οριακές συνθήκες και περιορισμοί ως προς την επιλογή του συνδυασμού των τριών βασικών υλικών για τη σχεδίαση ενός ΠΑΙ, που υπαγορεύονται κυρίως από τις επιλογές ως προς :

- το Πυρηνικό Καύσιμο και τον Επιβραδυντή,
- τον Επιβραδυντή και το Ψυκτικό Μέσο,
- το Φάσμα των Νετρονίων (Πυρηνικό Καύσιμο) και το Ψυκτικό Μέσο, και
- το Ψυκτικό Μέσο και το Είδος του Κύκλου.

Το Πυρηνικό Καύσιμο και ο Επιβραδυντής

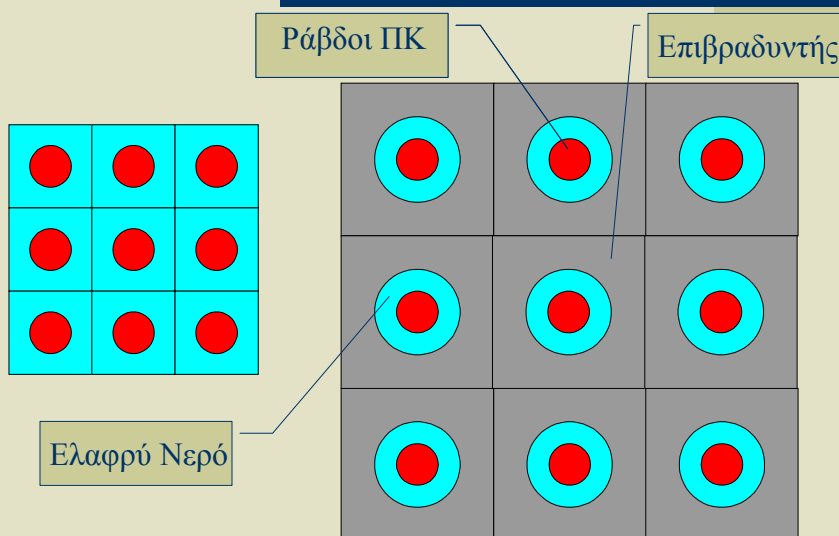
- Εάν το ΠΚ είναι φυσικό ή εμπλουτισμένο ουράνιο (~3-5%) τότε απαιτείται επιβράδυνση των νετρονίων, δοθέντος ότι το ^{235}U σχάζεται με θερμικά νετρόνια ($E \sim 0.0253 \text{ eV}$ στους 20°C). Οι αντιδραστήρες που είναι σχεδιασμένοι για τέτοιου είδους καύσιμο ονομάζονται **αντιδραστήρες θερμικών νετρονίων**. Είναι οι περισσότεροι σύγχρονοι εμπορικοί ΠΑΙ.
- Εάν το ΠΚ συνίσταται από άλλους πυρήνες, συνήθως μίγματα βαρέων πυρήνων ($A > 232$) τότε οι σχάσεις γίνονται μόνον με ταχεία νετρόνια.

25-10-03

ΠΤ-ΣΕΜΦΕ-Εισαγωγή στην ΠΤ-2.4

7

Διατάξεις ΠΚ-Επιβραδυντή-Ψυκτικού σε Τετραγωνικό Πλέγμα

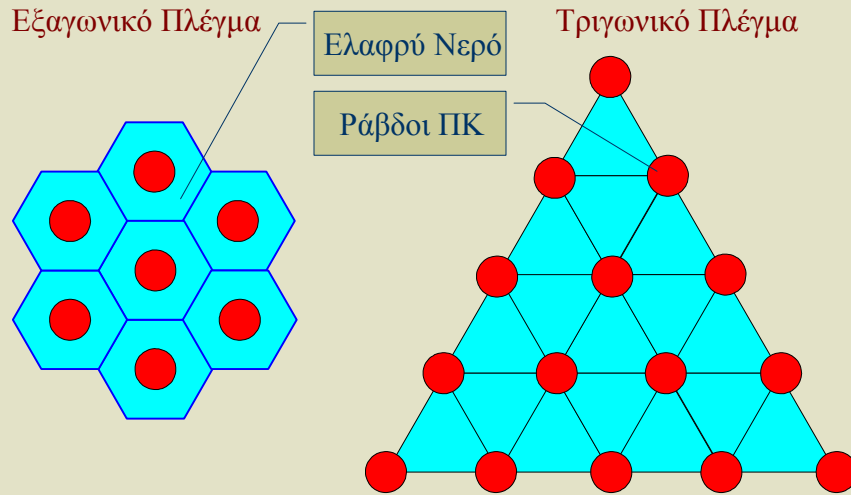


25-10-03

ΠΤ-ΣΕΜΦΕ-Εισαγωγή στην ΠΤ-2.4

8

Διάταξη ΠΚ και Επιβραδυντή – Ψυκτικού σε ΠΑΙ Ελαφρού Υδατος



25-10-03

ΠΤ-ΣΕΜΦΕ-Εισαγωγή στην ΠΤ-2.4

9

Αντιδραστήρες Ταχέων Νετρονίων

- Οι αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων δεν χρειάζονται επιβραδυντή ή διαθέτουν μικρή επιβραδυντική ικανότητα.
- Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη πυκνότητα της παραγόμενης ισχύος από τις σχάσεις, μια περίπου τάξη μεγέθους πάνω από τα περίπου 50 kW/lt ΠΚ των αντιδραστήρων θερμικών νετρονίων.
- Οι πιο πάνω πυκνότητες είναι απαγορευτικές για την απαγωγή με νερό και απαιτείται ψύξη με υγρά μέταλλα, άλατα Na ή K που βρίσκονται τηγμένα σε θερμοκρασίες άνω των $\sim 70 - 80$ °C.

25-10-03

ΠΤ-ΣΕΜΦΕ-Εισαγωγή στην ΠΤ-2.4

10

Το Φάσμα των Νετρονίων (ΠΚ) και το Ψυκτικό Μέσο

- Οι αντιδραστήρες θερμικών νετρονίων έχουν συνήθως πυκνότητα ισχύος περί τα 30-50 kW/lt και μπορεί να ψύχονται με το νερό, με συντελεστές απαγωγής θερμότητας περί τα 30-50 kW/m²K, ή με αδρανή αέρια (He, CO₂) με συντελεστές περί το 0.5 kW/m²K αλλά πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις και μικρή πυκνότητα παραγόμενης ισχύος 6-9 kW/l.
- Οι αντιδραστήρες ταχείων νετρονίων, όπου η πυκνότητα ισχύος κυμαίνεται περί τα 500 kW/lt, ψύχονται μόνο με υγρά μέταλλα, με συντελεστές απαγωγής περί τα 500 kW/m²K.

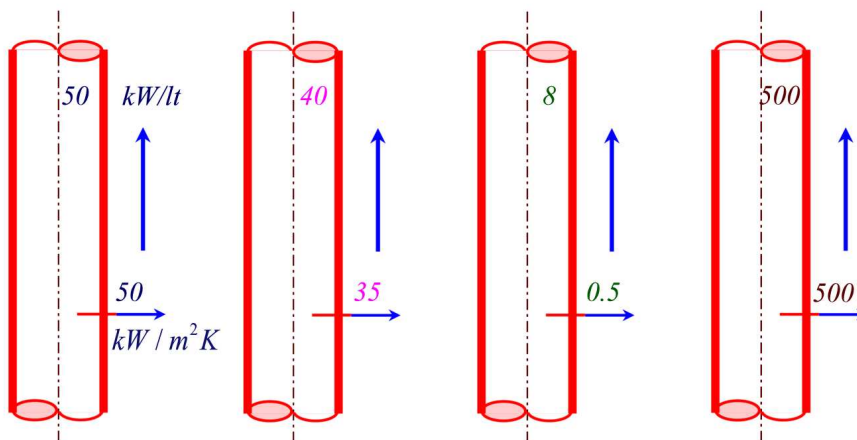
Χαρακτηριστικά Ενεργειακά Μεγέθη

Νερό που Βράζει
P=70bar, T=285°C

Νερό υπό Πίεση
P=150bar, T=285°C

Αέριο

Αλας
Υγρού Μετάλλου



Ο Επιβραδυντής και το Ψυκτικό Μέσο

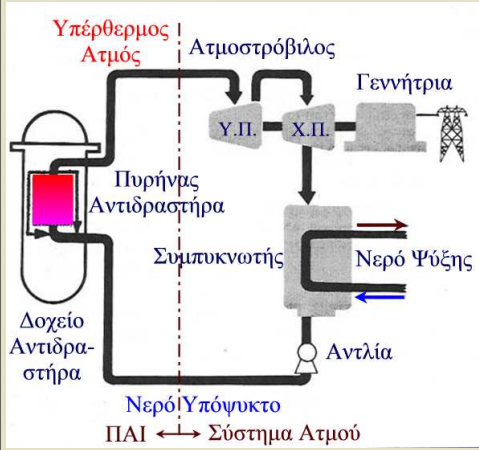
- Στις περιπτώσεις των ΠΑΙ νερού, το νερό – ελαφρύ ή βαρύ – μπορεί να εξυπηρετεί ταυτόχρονα ως επιβραδυντής και ψυκτικό μέσο, μολονότι με την αύξηση του ειδικού όγκου του, λόγω θερμοκρασίας μέσα στο κανάλι ψύξης, μειώνονται οι επιβραδυντικές του ικανότητες.
- Βεβαίως, στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό, τα δύο αυτά μέσα είναι διαφορετικά, με κατά προτίμηση "συμβατές ιδιότητες", πχ. η αλληλεπίδρασή τους να έχει ελαχιστοποιημένες συνέπειες.

Το Ψυκτικό Μέσο και το Είδος του Κύκλου

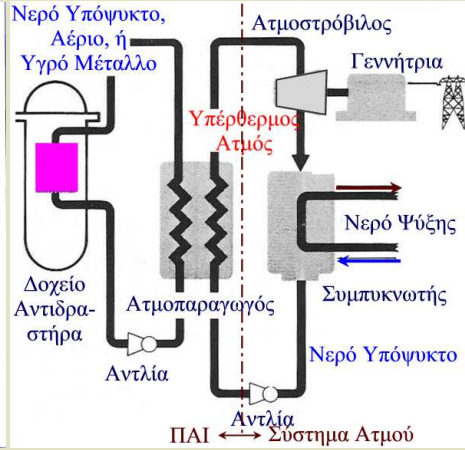
- Εάν το ψυκτικό μέσο είναι νερό – ελαφρύ ή βαρύ – τότε μπορεί να επιτρέπεται ο βρασμός του μέσα στο κανάλι ψύξης, οπότε έχουμε άμεση ατμοπαραγωγή. Ο κύκλος ονομάζεται **άμεσος**.
- Βεβαίως, ένας σχεδιασμός επιβάλλει τη ροή του νερού υπό μεγάλη πίεση, ώστε να ελαχιστοποιείται ο βρασμός μέσα στο κανάλι, κυρίως για λόγους ασφαλείας, σύμφωνα με παλαιότερη θεώρηση. Στις περιπτώσεις καθώς και σε όλες τις περιπτώσεις που το ψυκτικό μέσο δεν είναι νερό, χρησιμοποιείται ενδιάμεσος ατμοπαραγωγός H_2O . Ο κύκλος ονομάζεται **έμμεσος**.

Βασική Δομή των ΠΑΙ – Κύκλοι

Άμεσος Κύκλος



Έμμεσος Κύκλος



25-10-03

ΠΤ-ΣΕΜΦΕ-Εισαγωγή στην ΠΤ-2.4

15

