

الوحدة الاولى لمحطة بوشهر النووية

تفاصيل الدورة العملائية

بالرغم من التعقيدات الفنية لمحطة نووية بحجم محطة بوشهر، فإن دورة عملها تبدو بسيطة للغاية، حيث يمكن ببساطة تصنيف دورة انتاج الطاقة الكهربائية في المحطة النووية ضمن ثلاث مراحل منفصلة، تجري كل مرحلة في مدار مستقل، المدار الاول، المدار الثاني و مدار التبريد.

المدار الاول: شطر اليورانيوم المخصب في المفاعل، الذي يشكل مصدر انتاج الطاقة بالطريقة الحرارية. وتنتقل هذه الطاقة الحرارية المنتجة الى مولدات البخار، عبر المياه المتدفقة في دائرة مسدودة، مكونة من اربع حلقات. وفي مولد البخار الذي ينتج الحرارة وتجمع في انابيبه المصنعة من الفولاذ على شكل U، مياه المدار الاول التي تتحول في دورة مستقلة تماما، الى بخار يدور في المدار الثاني. بعد ذلك تخرج المياه من مولد البخار بواسطة مضخة المدار الاول، لتعود الى المفاعل، لنقل الحرارة مرة اخرى.

المدار الثاني: في المدار الثاني، يتم توجيه البخار المنتج نحو المحرك (التوربين)، وتؤدي حركة التوربين الى تبديل الطاقة الميكانيكية بواسطة مولد كهربائي، الطاقة كهربائية وبذلك تتم عملية انتاج الكهرباء. اما البخار الخارج من التوربين، فيتم تحويله بالماء بواسطة جهاز كندانسور ويعود ثانية للمولد البخار لتكرار دورة العمل.

المدار الثالث أو المبرد: تستخدم مياه البحر لتبريد البخار الخارج من المحرك (التوربين)، في مدار مستقل تماما عن المدار الثاني وتتم العملية بالاستفادة من كندانسور. وبعد التبريد وانخفاض درجة الحرارة، تعود المياه الى البحر، عبر قناة مكشوفة بطول ٤٠٠ متر، ثم تتوزع على اربعة انفاق بطول ١٢٠٠ متر تحت قاع البحر وبعق ٧ امتار.

إن الدور الرئيسي للمفاعل في المحطة النووية، يتجسد في انتاج الطاقة الحرارية. والعملية الجارية داخل المفاعل التي تؤدي الى انتاج الحرارة، تسمى «الانشطار النووي». أما الانشطار، عملية يتم خلالها شطر ذرة من النوع الثقيل الى ذرتين أو اكثر من الذرات الاصغر ويتم ضمن هذه العملية، انطلاق كمية من الطاقة على شكل حرارة او نور ساطع.

في المحطات النووية العاملة بالماء الخفيف، تتم عملية الانشطار عادة بواسطة النيوترونات الحرارية، حيث تمتص نواة اليورانيوم ٢٣٥، النيوترونات، فتصبح النواة غير مستقرة وعندها تتجزأ الى عدد من الشظايا الاصغر حجما. وبالإضافة الى الشظايا المنتجة، يتم انتاج ثلاثة نيوترونات وقدر من الطاقة وذرات من اشعات الفا وبيتا وجاما، في كل عملية انشطارية. (إن النيوترونات الناتجة عن عملية الانشطار تحمل وسطيا، ٢Mev من الطاقة وهذا القدر من الطاقة عليه أن يفقد طاقته الحركية كي يستطيع شطر نواة اليورانيوم ٢٣٥، بمساعدة الذرات المحيطة به، وصولا الى التوازن الحراري اللازم، الذي يقدر بجزء من المئة من «ev»). وتتم هذه العملية نتيجة التصادم المتوالي للنيوترونات مع نواة ذرات الهيدروجين الموجود في جزيئات ماء المفاعل.)

وبهذه الطريقة تؤدي عملية الانشطار الى العديد من العمليات الانشطارية الاخرى. وتستمر العمليات هكذا. ويسمى هذا التفاعل المتواصل «سلسل العمليات الانشطارية». وجدير بالذكر أن استمرار التفاعل في جوف المفاعل يتطلب وجود جرم مؤزم في قلب المفاعل.

إن الطاقة المنطلقة جراء عملية الانشطار، تتحول الى حرارة. وإن الحرارة الناتجة يجري امتصاصها بواسطة المياه الموجودة داخل المدار الاول وتنتقل الى المدار الثاني ويجري استخدامها بعد أن تتحول الى بخار، يحرك التوربينات.

يجري تحديد كمية الطاقة الناتجة من عملية الانشطار داخل المفاعل النووي والسيطرة عليها، من خلال تحديد عدد الانشطارات الحاصلة وتتم هذه العملية عبر السيطره على عدد النيوترونات المتوافرة لاجراء العمليات الانشطارية، فكلما تقلص عدد النيوترونات، يتناقص عدد الانشطارات. إن احد الاساليب المستخدمة لهذه الغاية، يتمثل في وضع مادة داخل المفاعل، تجذب النيوترونات نحوها، حينها يصبح بالامكان تحديد عدد النيوترونات المشاركة في عملية الانشطار، من خلال محاسبة مقدار مادة الجذب الموضوعه داخل المفاعل.

إن مفاعل محطة بوشهر النووية يعمل بالماء الخفيف المضغوط، وبامكانه انتاج ٣٠٠٠ ميغواط من الطاقة الحرارية ويتكون جداره من ورقة الصلبالمكربن والمطلي بفضة مقاوم للصدء. ويستقر في جوفه، قلب المفاعل (core) والدعامة الحرارية والنيوترونية (core baffle) وحافضة القلب (core barrel)، وحافظ قنوات التوجيه (Protective Tube Unit) ويجري غلقه بواسطة غطاء المفاعل (Upper Unit). أما الماء الذي يستخدم لتقليل سرعة حركة النيوترون والتبريد ايضا، يدخل المفاعل بواسطة مضخات المدار، تحت ضغط يساوي ١٥٧bar وحرارة تصل الى ٢٩١ درجة مئوية عن طريق ٤ مواسير من الخط البارد (Cold Leg). وبعد جذب الحرارة من قلب المفاعل، التي تصل الى ٣٢١ درجة مئوية، ينطلق باتجاه مولدات البخار عن طريق ٤ مواسير للخط الساخن (Hot Leg) ليتبادل الحرارة مع المياه الموجودة في المدار الثاني حتى يحيلها الى بخار.

إن مصدر انتاج الحرارة، هو الوقود النووي من نوع دي اكسيد اليورانيوم المخصب بدرجة ٤.٢% و ٣.٦٢% و ٢.٤% و ١.٦%. وهذا الوقود النووي، مصنع على شكل اسطوانات بقطر ٥٧.٧ وسماعة ١٢ ميليمترا، توضع داخل قضبان الوقود.

يتكون كل مجمع وقود من ٣١١ من قضبان الوقود المنضدة جنب بعضها على شكل منشور سداسي الاضلاع ووجود ١٦٣ من هذه المجمعات الوقودية، يشكل قلب المفاعل. إن عملية شطر اليورانيوم وتحويله الى جزيئات اخف، تؤدي الى انطلاق الطاقة وانتاج النيوترون الكفيل باستمرار هذه الدورة.

تتم عملية السيطرة على التفاعل النووي، بما في ذلك السيطرة على المفاعل، باستخدام حامض البوريك المحلول في الماء، مع قضبان السيطرة الموصولة بمحركات جهاز السيطرة والمحافظة.

التوربينات:

مجمع توربينات البخار ٣٠٠٠/٦٠-١٠٠٠-k، بطاقة قدرها ١٠٠٠ ميغاواط، يستخدم لتحريك ماكينة التيار المتناوب. مولد الكهرباء مع مجموعة التوربينات، يتم وضعها على منصة خرسانية منفصلة عن المبنى الخاص بالتوربينات، والمنصة مركبة على راصورات خاصة (لتفادي الاهتزاز الناجم عن الدورانات الطارئة). لمحطة بوشهر الذرية اربع توربينات، واحدة للضغط العالي وثلاث للضغط المنخفض. إن مجموعة التوربينات احادية المحور، والاربع من نوع الثنائي المتقارن، يشتمل كل طرف من التوربين خمس شفرات. أما دوائر توربينات الضغط المنخفض وكذلك الضغط العالي، فقد تم اعدادها بأسلوب حدادي من قطعة واحدة، لا يوجد فيها ثقب مركزي، وإن هذه الحالة تمكن من تقليص التوتر علنالدائرة.

إن دوران المياه والبخار في محطة بوشهر النووية يجري على النحو التالي: يتجه البخار المنتج داخل مولدات البخار الى مبنى التوربينات وبرطوبة لا تتجاوز ال ٢% وضغط يساوي ٥٨/٨bar يدخل توربين الضغط العالي وبعد اداء المهمة ترتفع نسبة الرطوبة، بسبب انخفاض الضغط والحرارة الاولية. وحتى لا تلحق هذه الرطوبة اضراراً بشفراتالضغط المنخفض، يجري تجفيف البخار وتسخينه من جديد حتى يصل الى المقاسات المطلوبة ومن ثم يوجه نحو توربينات الضغط المنخفض، بضغط يساوي ٦/٨bar. بعد ذلك يستحيل البخار داخل الكندانسور، خلال مراحل الانعاش (يسخن وتسحب منه الغازات وترتفع درجة حرارته الى ٢٢٢ درجة مئوية) ويعود ثانية لمولدات البخار.

إن وحدة توربيناتمحطة بوشهر النووية، فيها مدار متطور للانعاش، يشتمل على اربع مراحل تسخين للضغط المنخفض ودثراتور (شافط للهواء) ومرحلة واحدة للتسخين للضغط العالي ومضخة لنقل مكثفات البخار المسخن. جميع المسخنات المشار اليها اعلاه، باستثناء شافط الهواء، مصنعة من خليط من المبدلات الحرارية المستوية، كما أن مجمل مسخنات الانعاش، باستثناء مسخن الضغط المنخفض، رقم اربعة وشافط الهواء، تحتوي على غلافين وتقع على خطين متوازيين.

إن مولد الكهرباء لمحطة بوشهر النووية من نوع سنكرون، ثلاثي المرحلة وإن اللفائف السلكية يتم تبريدها بالماء. أما مبرد الدائرة ونواة المدور فيتم تبريدهما بواسطة الهيدروجين. الطاقة الناتجة من هذا المولد الكهربائي ١٠٠٠ ميغاواط وله قطبان وماركته الصناعية T٣-٢٧/٢-١٠٠٠-TBB. وأما التوتر الصادر عنه، يساوي ٢٧kv.

لمحطة بوشهر النووية محولين، بطاقة ٢٣٠kv و ٤٠٠kv، والمحول ٤٠٠kv من نوع GIS (الغاز العازل بين التوصيلات) ويتم ايصاله بمحول جغادك والشبكة العامة للكهرباء، بواسطة خطين. وأما المحول ٢٣٠kv من نوع AIS (الهواء العازل بين التوصيلات). ويتم ايصاله بالشبكة العامة للكهرباء بواسطة خطين يوصلانه بمحول مدينة بوشهر.

إذا افترضنا المفاعل، قلب المحطة، فمما لاشك فيه أن نظام السيطرة والمعدات الدقيقة يشكل المخ وشبكة الاعصاب لهذه المنشأة الهامة والمترامية الاطراف. إن نظام السيطرة والمعدات الدقيقة لمحطة بوشهر النووية، يعتبر واحداً من اكثر أنظمة الاتوماسيون تطورا في العالم ويعمل بطريقة السيطرة الموزعة (DCS) التي تتمثل في ثلاثطبقات للسيطرة والمراقبة، نظام سيطرة عالية المستوى (TLSU)، متوسطة المستوى (TPTS) ومنخفضة المستوى.

يتكون (TLSU) (Top Level System of The Power Unit) من شبكة حاسوبية بسرعة ١٠٠Mbit/s ويمثل اعلى طبقات السيطرة والمراقبة في مجمع المحطة، حيث يلتقط المعلومات من المستوى المتوسط ثم يعرضها على نقاط

العمل، حيث يتم التمكن من تطبيق المراقبة المركزية للمحطة. إن لوحات TPTS تتشكل من عدد من (Software SHC (Hardware Complex وتؤدي مهمة المراقبة والسيطرة على الانظمة والمعدات الفنية، وفق المقررات والقواعد المرعية في نطاق استثمار محطة بوشهر الذرية. TPTS موصولة ب-TLSU عن طريق بوابة (Gateway) والتبادل بينهما جاري.

في عالمنا المعاصر، تستخدم الطاقة الذرية كمكتسب بيئي لمواجهة ارتفاع حرارة الكرة الارضية وتقليص التلوث البيئي. ويذكر أن المحطات النووية الفاعلة على مستوى العالم، قد استطاعت أن تقلص حجم الغازات المنبعثة في الجو بفعل الغازات المسببة للاحتباس الحراري، بنسبة ٨% في العام.

إن تصنيع واستثمار المنشآت النووية في أي بلد عضو في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تطبق عليه القواعد الخاصة بضمان الامان النووي وتوفير السلامة والرقابة القانونية المستمرة على جميع الانشطة وفي مراحل اختيار المكان، والتخطيط وتصنيع القطع والمعدات، والمنشآت، والتشغيل وكذلك التعطيل وانهاء العمل في المنشآت المذكورة اعلاه.

وجدير بالذكر أن جميع مخرجات المحطات النووية (من غازات وسوائل) التي تنسرت الى محيط المحطة، تخضع للمراقبة، من حيث امكانية شمولها على مواد مشعة أم لا، والكل ملتزم برعاية الضوابط والمعايير الموضوعه لهذا الغرض، حيث توجد في مسار جريان المياه والغازات اعداد من المصافي الكاشفة بانواعها المتنوعة، تقوم بصورة آلية منتظمة أو يدوية دورية، باكتشاف الاشعاعات والتأكد من حجمها الذي يجب الا يتجاوز المستوي المقبول في محيط المنشأة النووية.

إن المستوى المسموح به بالنسبة للمياه الخارجة من المنشأة، 10^{-11} كوري في اللتر وبالنسبة للغازات غير المؤثرة الخارجة من مدخنة المحطة، ٥٠ كوري في اليوم. أما الكمية المسموح بها أن يتلقاها العاملون في الفصيل A (موظفو المفاعل)، ٢٠ ميلي سيورت في العام، وأما سكان المناطق المجاورة للمحطة، ميلي سيورت واحد في العام. يذكر أن ما يتلقاه الناس من اشعاعات نابعة من الطبيعية والاشعة الكونية والاستخدامات الطبية للاشعة والتفجيرات النووية، يساوي ٢/٣ ميلي سيورت. وهذا الواقع يشير الى أن سكان المناطق المجاورة للمحطات النووية يتعرضون لاشعاعات ناتجة عن المحطة اقل كثيرا مما يتعرضون له من اشعاعات نابعة من مصادر اشعاعية اخرى.

وتجدر الإشارة الى أنه في العالم اجمع، يتم تأمين الامان والسلامة للمحطات النووية على قاعدة «مبدأ الدفاع في العمق». وعلى هذا الاساس، يقوم المخططون بوضع العديد من العوائق والموانع المتتالية لمنع وصول الاشعاعات النووية الى المحيط المنظور، حتى يحولوا دون تسرب هذه الاشعاعات الى العاملين في المحطة، والمحيط المجاور للمحطة وكذلك الناس الذين يقيمون بالقرب من المحطة.

هذه العوائق حسب الترتيب هي: الشبكة البورسلانية لاقراص الوقود – غلاف قضبان الوقود – اجهزة المدار الاول – الكرة الفولادية – الكرة الباطونية. وجدير بالذكر أن اكثر من ٩٨% من مواد الانشطار (المواد المشعة) تحتجز داخل الشبكة البورسلانية (السيراميكية) لاقراص الوقود.

تتكون الوحدة الاولى للمحطة بوشهر النووية من مفاعل يعمل بالماء المضغوط من نوع VVER/١٠٠٠ موديل ٤٤٦-٧ وهي تختلف من ناحية التكوين وطريقة العمل عن محطة تشرنوبل، اختلافا جذريا، كما انها تماثل المحطات النووية الغربية العاملة بمفاعل PWR. والمعلوم أن هذه المحطات (الغربية) تتمتع بنظام امان ذاتي، ينتهي الى ارتفاع درجة حرارة الماء بواسطة تزايد القوة النيوترونية، الامر الذي يؤدي في النهاية الى انخفاض القوة النيوترونية واحتواء التفاعل التسلسلي للانشطار المستمر في قلب المفاعل.

وفي حالة تعرض المحطة للخطر وانخفاض مؤشرات الامان، يتم تخفيض قوة المفاعل، استنادا الى نظام الاجراءات المتبع، حتى تصل قوة المفاعل الى المستوى المطلوب، أو حتى يتوقف المفاعل عن العمل تماما، كي يعود ضمان الامان الى المستوى المطلوب. وعند حصول أي حادث محتمل، تقوم قنوات الامان الاربع، بمهمة اطفاء المفاعل واخلائه مما تبقي من طاقة حرارية ناجمة عن نفايات قلب المفاعل. إن وجود قناة واحدة، تعمل بصورة سليمة، يعتبر كافيا لضمان الامان، لكن المحطة مزودة بثلاث قنوات اضافية، زيادة في الاحتياط وارتقاء لمستوى ضمان الامان للمحطة. إن القنوات الاربع منفصلة عن بعضها وتعمل كل واحدة منها بصورة مستقلة تماما.

مهام انظمة الامان عند الحدوث المحتمل للاحداث هي:

١- ايقاف التفاعل المتسلسل للانشطار النووي.

٢- تبريد المفاعل.

٣- تحجيم اثار الحادث.

هذه الانظمة مزودة بمولدات كهربائية خاصة بها تعمل بالديزل، وعندما ينقطع التيار الكهربائي بصورة كاملة، توفر هذه المولدات استمرار العمل.

اما مبني المفاعل، فقد صمم على أن يكون مقاوما امام اصطدام طائرة عملاقة، مثل بوينغ ٧٤٧ أو أي طائرة حربية، كما أنه مقاوم امام هزات ارضية بقوة ٨ درجات على مقياس ريختر، بحيث اذا حصل أي من هذه الحوادث، لن تتأثر منشآت المفاعل وقلبه بها، وسوف يقوم جهاز السيطرة والامان التابع للمحطة بصورة آلية وبسهولة، باطفاء الحريق واعادة الوضع الى حالة الامان.