هيئة الرقابة النووية والإشعاعية - اللوائح الفنية

تصميم المرافق النووية

NRRC-R-06 Rev. 0.1

2024

هيئة الرقابة النووية والإشعاعية
Nuclear and Radiological Regulatory Commission

تصميم المرافق النووية

اللائحة الفنية

تصميم المرافق النووية

تمت ترجمة هذه اللائحة إلى اللغة العربية من أصلها المعتمد باللغة الإنجليزية.

2024

NRRC-R-06 Rev. 0.1

التمهيد

وفقًا لأحكام تنظيم هيئة الرقابة النووية والإشعاعية الصادر بقرار مجلس الوزراء رقم (334) وتاريخ 1439/06/25هـ، ونظام الرقابة على الاستخدامات النووية والإشعاعية الصادر بالمرسوم الملكي رقم (م/82) وتاريخ 1439/07/25هـ؛ أعدت هيئة الرقابة النووية والإشعاعية لوائح فنية تنظم أحكام الرقابة على الاستخدامات النووية والإشعاعية بما في ذلك الأنشطة، والممارسات الإشعاعية، والمرافق النووية، والمرافق الإشعاعية.

وقد تم إعداد هذه اللائحة (NRRC-R-06 2022) باللغة الإنجليزية آخذة في الاعتبار أن تكون معايير الوكالة الدولية للطاقة الذرية هي الحد الأدنى، وأن يتم الاسترشاد بأفضل الممارسات الدولية، ووفقًا للالتزامات الدولية للمملكة العربية السعودية، واعتمدت من قبل مجلس إدارة هيئة الرقابة النووية والإشعاعية بالقرار رقم (2022/1/1) وتاريخ 2022/04/20م، وقد عرضت هذه اللائحة في "منصة استطلاع" لاستطلاع أراء العموم والجهات الحكومية. وتمت مراجعة هذه النسخة من اللائحة (NRRC-R-06 Rev. 0.1 2024) لغويًا وتحريريًا.

فهرس المحتويات

الباب الأول: الهدف والنطاق والتعريفات 11

الفصل 1: الهدف 11

الفصل 2: النطاق 11

الفصل 3: التعريفات 12

الباب الثاني: إدارة الأمان في التصميم 13

الفصل 4: المؤسسة 13

الفصل 5: عملية التصميم 13

الفصل 6: تقييمات التصميم 14

الباب الثالث: أهداف الأمان 15

الفصل 7: الدفاع في العمق 15

الفصل 8: وظائف الأمان 16

الفصل 9: التشغيل الآمن 17

الفصل 10: معايير الأمان 17

الباب الرابع: أساس التصميم 19

الفصل 11: حالات المرفق 19

الفصل 12: مزايا (خصائص) وأنظمة الأمان 20

الفصل 13: تمديد التصميم 21

الفصل 14: الأخطار الداخلية والخارجية 21

الباب الخامس: المتطلبات العامة للتصميم 21

الفصل 15: العناصر ذات الأهمية للأمان 21

الفصل 16: العوامل البشرية في التشغيل وفي الطوارئ 23

الفصل 17: المواد الانشطارية والمواد المشعة.....23
الفصل 18: الأمن النووي والضمانات.....24

الباب السادس: متطلبات محددة لمحطات الطاقة النووية.....25

الفصل 19: قلب المفاعل والوقود النووي.....25
الفصل 20: نظام تبريد المفاعل.....26
الفصل 21: نظام الاحتواء.....27
الفصل 22: أنظمة العمليات وأنظمة التهوية.....29
الفصل 23: الأجهزة وأنظمة التحكم.....31
الفصل 24: الأنظمة الكهربائية وأنظمة الإنارة.....33
الفصل 25: أنظمة تداول الوقود ومعالجة النفايات.....34
الفصل 26: أنظمة ومعدات رفع الأحمال.....35
الفصل 27: أنظمة الحماية من الحرائق.....35
الفصل 28: الحماية من الإشعاع.....36

اللوائح الفنية ذات العلاقة

الأمان الإشعاعي

NRRC-R-01 Rev. 0.1 15

القيادة والإدارة في مجال الأمان

NRRC-R-04 Rev. 0.1 10

ترخيص المرافق النووية والرقابة التنظيمية عليها

NRRC-R-03 Rev. 0.1 10

تشغيل المرافق النووية

NRRC-R-09 Rev. 0.1 10

تشييد المرافق النووية وإدخالها في الخدمة

NRRC-R-08 Rev. 0.1 10

تقييم أمان المرافق النووية

NRRC-R-07 Rev. 0.1 .....10, 12

تقييم مواقع المرافق النووية

NRRC-R-05 Rev. 0.1 10

الباب الأول: الهدف والنطاق والتعريفات

الفصل 1: الهدف

1. تهدف هذه اللائحة إلى عرض المتطلبات التنظيمية لتصميم المرافق النووية، المتعلقة بالأمان النووي والتي تشكل الأساس لمستوىً عالٍ من الأمان والأمن طوال دورة عمر المرفق النووي، وذلك استنادًا إلى التوصيات وأفضل الممارسات الدولية.

الفصل 2: النطاق

2. تطبَّق هذه اللائحة على تصميم المرافق النووية وعلى العناصر ذات الأهمية للأمان طوال دورة عمر المرفق النووي، مع التركيز على تصاميم المرافق النووية الجديدة. وتطبق جميع المتطلبات المعروضة في هذه اللائحة مباشرة على محطات الطاقة النووية، وعلى الأنواع الأخرى من المرافق النووية باستثناء ما يتعلق بالمصطلحات الموجهة للمفاعلات، والتي قد تحتاج إلى استبدالها بمصطلحات مكافئة لتغطية الهدف الرئيسي لمتطلب محدد.
3. تحدد هذه اللائحة مسؤوليات ومتطلبات لإدارة الجهود المتعلقة بجانب التصميم، وكذلك مسؤوليات ومتطلبات إعداد التصميم النهائي نفسه بدءًا من التصميم الكلي للمرفق النووي، وانتهاءً بالهياكل، والأنظمة، والمكونات. تم وضع هذه المتطلبات من أجل أن تُطبَّق على جميع هذه العناصر ذات الأهمية للمرفق النووي، لتحقيق متطلبات الأمان المعمول بها.
4. تطبّق متطلبات هذه اللائحة على مقدم الطلب، أو من يحمل رخصة لتشييد مرفق نووي أو تشغيله (المرخص له). وتطبق كذلك -إلى حد مناسب- على مورّد المرفق النووي أو أجزائه الرئيسية (المزوّد)، وعلى مورّدي المنتجات (الموردون)، ومصممي العناصر ذات الأهمية للأمان (المصممون).

5. تركز هذه اللائحة على تصميم المرفق النووي، وتستكمل باللوائح التالية التي تغطي جوانب الترخيص، والإدارة، وتحديد الموقع، والتقييم، والتشييد، والتشغيل:
   أ. لائحة ترخيص المرافق النووية والرقابة التنظيمية عليها (NRRC-R-03 Rev. 0.1).
   ب. لائحة القيادة والإدارة في مجال الأمان (NRRC-R-04 Rev. 0.1).
   ج. لائحة تقييم مواقع المرافق النووية (NRRC-R-05 Rev. 0.1).
   د. لائحة تقييم أمان المرافق النووية (NRRC-R-07 Rev. 0.1).
   هـ. لائحة تشييد المرافق النووية وإدخالها في الخدمة (NRRC-R-08 Rev. 0.1).
   و. لائحة تشغيل المرافق النووية (NRRC-R-09 Rev. 0.1).

الفصل 3: التعريفات

حالة تحت السيطرة – Controlled state

حالة المرفق النووي، بعد حدوث واقعة تشغيلية متوقعة، أو بعد ظروف تحصل بعد حادث، والتي تم فيها تحقيق الأهداف الأساسية لوظائف الأمان، ويمكن الحفاظ عليها لفترة زمنية كافية لتمكين المرفق من الوصول إلى حالته الآمنة.

عنصر ذو أهمية للأمان – Item important to safety

هيكل أو نظام أو مكون يشكل جزءًا من وظيفة الأمان، والتي من الممكن أن يؤدي اختلالها أو تعطلها إلى تعرض العاملين في الموقع للإشعاع أو تعرض الجمهور.

حالة آمنة – Safe state

حالة المرفق النووي، بعد حدوث واقعة تشغيلية متوقعة، أو بعد ظروف تحصل بعد حادث، والتي تم فيها تحقيق الحالة دون الحرجة، والأهداف الأساسية لوظائف الأمان، والتي يمكن الحفاظ عليها مستقرةً لمدةٍ طويلة.

وظيفة أمان – Safety function

هدف محدد للأمان يجب تحقيقه لمرفق نووي، أو لنشاط مرتبط به، من أجل منع أو تخفيف العواقب الإشعاعية الناتجة من التشغيل العادي، أو من الوقائع التشغيلية المتوقعة، أو من ظروف تحصل بعد الحوادث.

نظام أمان – Safety system

نظام تم تصميمه لتحقيق الأهداف الأساسية لوظائف الأمان، ولحماية سلامة الحواجز المادية التي تمنع انبعاث الإشعاعات في حالات الوقائع التشغيلية المتوقعة، والحوادث المحتاط لها في التصميم.

الباب الثاني: إدارة الأمان في التصميم

الفصل 4: المؤسسة

6. يجب أن يتحمل مقدم الطلب أو من لديه رخصة لتشييد أو تشغيل مرفق نووي مسؤولية ضمان أن يستوفي التصميم جميع متطلبات الأمان المعمول بها، إضافة إلى مسؤوليته عن اعتماد التصميم النهائي للمرفق.
7. يجب أن تضع المؤسسة المكلفة بالتصميم نظامًا إداريًا وتقوم بتنفيذه، وذلك لضمان مراعاة جميع المتطلبات المقررة لتصميم المرفق النووي، وتنفيذها في جميع مراحل عملية التصميم، واستيفاؤها في التصميم النهائي.
8. يجب أن تضع المؤسسة المكلفة بالتشغيل نظامًا إداريًا، وأن توفِّر الخبرة اللازمة لضمان استمرار أمان الحلول المتعلقة بالتصميم، طوال عمر المرفق النووي، بما في ذلك تعيين كيان رسمي ليكون مسؤولًا عن جانب الأمان في تصميم المرفق.

الفصل 5: عملية التصميم

9. يجب وضع عملية منهجية للتصميم لضمان جودة تصميم جميع الهياكل، والأنظمة، والمكوِّنات، وكذلك جودة الأمان في التصميم الشامل للمرفق النووي. ويجب على جميع

المؤسسات المشاركة في تصميم المرفق النووي إعطاء المسائل المتعلقة بالأمان الأولوية القصوى.

10. جميع المتطلبات المعمول بها، يجب أن يتم تحديدها من أجل عملية التصميم، ويتم التحقق من صحة التصميم النهائي وتقييمه مقابل هذه المتطلبات. ويجب أن تستند كل مرحلة من مراحل التصميم إلى مجموعة كاملة من المواصفات، وتستكمل بالتحقق من التصميم ومراجعته مقابل هذه المواصفات. الأفراد أو المجموعات (أو الفِرَق) غير المشاركين في أعمال التصميم، يجب أن يشاركوا في فحص التصميم ودراسته بقدر مناسب من التفاصيل، وذلك لضمان تحقق الجودة الكافية للعناصر ذات الأهمية للأمان.
11. يجب تحديد وتبيين جميع واجهات التواصل البينية مع البائعين، والموردين، والمصممين، المسؤولين والمشاركين في أعمال التصميم، ويجب التحكم بهذه الواجهات ومراقبتها. ويجب توثيق التصميم بعناية، وتقييم التغييرات في التصميم والموافقة عليها رسميًا وفقًا للنظام الإداري، ومراقبة الإعدادات والتهيئة (التركيبة) طوال عملية التصميم وطوال دورة عمر المرفق النووي.

الفصل 6: تقييمات التصميم

12. يجب إجراء مجموعة شاملة من تقييمات التصميم، تكون في شكل تحليل قطعي للأمان، وتقييم احتمالي للمخاطر، وكذلك مراجعات التصميم وتحليله، وذلك طوال عمليات تصميم وتشييد المرفق النووي، وذلك لضمان أن التصميم النهائي يلبي جميع متطلبات الأمان المعمول بها، وعلى النحو المنصوص عليه في لائحة تقييم أمان المرافق النووية (NRRC-R-07 Rev. 0.1).
13. يجب أن يتم استعراض ومراجعة وتنقيح تقييمات التصميم – حسب الاقتضاء – عند إجراء تعديلات على التصميم، وذلك لضمان أن الحلول المتعلقة بالتصميم مستوفية لمتطلبات الأمان المعمول بها.

الباب الثالث: أهداف الأمان

الفصل 7: الدفاع في العمق

14. يجب أن يتضمن تصميم أي مرفق نووي مبدأ الدفاع في العمق، وذلك في كل من الخصائص الهيكلية والخصائص الوظيفية للمرفق. ويجب تطبيق مبدأ الدفاع في العمق هيكليًا على الحواجز المادية التي تمنع انبعاث المواد المشعة، وتطبيق المبدأ وظيفيًا على مهام الأمان التي تحمي سلامة الحواجز المادية المانعة للانبعاث، وتضمن إحكام منافذ التسرب فيها. ويجب أن يكون الهدف الرئيسي هو منع الحوادث، أو إدارة تلك الحوادث وتخفيف عواقبها عند عدم القدرة على منعها.

15. يجب تبرير العدد اللازم من مستويات الدفاع للمرفق النووي خلال نمط تشغيل معين استنادًا إلى كمية المواد المشعة المعنية، وعواقب سيناريو الانبعاث الإشعاعي الذي يحتمل أن يكون الأكثر خطورة، وفعالية الحواجز المادية المانعة للانبعاث، وميزات الأمان الوقائية المدمجة في التصميم. ويجب لتبرير ذلك، اعتبار خمسة مستويات للدفاع كمبدأ للتصميم العام:

أ. المستوى الدفاعي الأول: والغرض منه هو منع الانحرافات عن شروط التشغيل الاعتيادية، ومنع إخفاق أو تعطل العناصر ذات الأهمية للأمان.

ب. المستوى الدفاعي الثاني: والغرض منه هو كشف الانحرافات عن شروط التشغيل الاعتيادية، والتحكم بهذه الانحرافات، بحيث يمكن منع الوقائع التشغيلية المتوقعة من أن تتصعد إلى حالات حوادث.

ج. المستوى الدفاعي الثالث: والغرض منه هو منع تلف، أو تضرر الوقود، أو قلب المفاعل، أو أي مرفق آخر مهم إشعاعيًا، نتيجة تطوُّر حادث بسبب أن المستويات السابقة لم تكن فعالة، مع أن ذلك مستبعد جدًا.

د. المستوى الدفاعي الرابع: والغرض منه هو تخفيف عواقب الحوادث الخطيرة التي تنتج، مع أن ذلك مستبعد لأقصى درجة، من إخفاق أو تعطل المستوى الثالث، والذي بدوره يؤدي إلى أضرار جسيمة ينتج عنها انبعاث مواد مشعة إلى داخل هيكل

احتواء المفاعل، أو إلى مناطق الاحتواء والحبس الأخرى، مع أن ذلك مستبعد لأقصى درجة..

هـ. المستوى الدفاعي الخامس والأخير: والغرض منه هو بذل المزيد من تخفيف العواقب الإشعاعية الناتجة من انبعاثات المواد المشعة إلى البيئة، وذلك من خلال توفير تدابير الاستجابة لحالات الطوارئ.

16. يجب أن تكون مستويات الدفاع في أي مرفق نووي مستقلة قدر الإمكان لمنع فقدان العديد من المستويات الدفاعية بشكل متزامن أو متعاقب أثناء أو بعد حصول أي حالة للمرفق ناتجة عن فقدان مستوى دفاعي واحد. ويجب اثبات أن حالات المرفق التي قد تؤدي إلى جرعات إشعاعية عالية أو تسربات إشعاعية مبكرة أو كبيرة، هي حالات مستبعدة للغاية وبدرجة عالية من الثقة، بحيث يمكن اعتبارها ملغاةً عن طريق التصميم.

الفصل 8: وظائف الأمان

17. يجب تصميم المرفق النووي بحيث يتحقق الأمان لهذا المرفق في جميع حالاته، من خلال الوظائف المتعلقة بالأمان، بما يتسق مع مبدأ الدفاع في العمق.

18. يتم إنجاز وظائف الأمان عن طريق هياكل، وأنظمة، ومكوّنات. ويجب أن تحقق وظائف الأمان للمرفق النووي الأهداف الأساسية التالية، حسب ما هو معمول به في المرفق المعني:

أ. التحكم في التفاعلية.

ب. التخلص من الحرارة الناتجة من المفاعل ومن مخزن الوقود.

ج. حبس المواد المشعة، والتدريع ضد الإشعاع، والتحكم بالانبعاثات الإشعاعية المخطط لها، وكذلك الحد من الانبعاثات الإشعاعية العَرَضية.

19. يجب تصنيف وظائف الأمان التي يؤديها عنصر معين في المرفق، بدلالة أهميتها لمبدأ الدفاع في العمق، وأهميتها لأهداف وظائف الأمان الأساسية، وذلك لتشكيل الأساس الذي يحدد أهميتها للأمان، إضافةً إلى تحديد فئة العناصر ذات الأهمية للأمان.

20. جميع العناصر المطلوبة لتحقيق الهدف المراد من وظيفة أمان محددة في حالة من حالات المرفق، وفيما يعقب هذه الحالة، أو تلك العناصر التي يمكن أن تمنع وظيفة الأمان هذه من

إتمام مهمتها، يجب في المقام الأول اعتبارها ذات أهمية متساوية بالنسبة للأمان، وتُعامل على هذا النحو.

21. يجب أن تحقق وظائف الأمان أهدافها الأساسية في معظم الحالات دون تدخل بشري، وهو ما لا يمكن الاعتماد عليه إلا بعد مهلة زمنية كافية، وذلك لمجموعة محدودة من إجراءات المشغِّلين الموجَّهة والتي تم التدرب عليها واللازمة للوصول إلى حالة خاضعة للسيطرة والحفاظ عليها، والوصول إلى حالة آمنة والحفاظ عليها.

الفصل 9: التشغيل الآمن

22. يجب أن يضع تصميم المرفق النووي سمات التصميم، والإجراءات التشغيلية، وبرامج تدريب المشغلين، التي تمكِّن من تشغيل المرفق ومراقبته بأمان طوال مدة عمره التصميمي.
23. يجب تحديد الشروط والحدود التشغيلية لجميع الحالات التشغيلية المرفق النووي، وذلك لضمان أن تكون العمليات آمنة، ووفقًا لتصميم المرفق وتقييماته.
24. يجب وضع إجراءات دقيقة للمؤسسة المسؤولة عن التشغيل لتقييم وإعداد وتنفيذ إجراءات التعافي من حالة تشغيلية حصل فيها تجاوز الحدود والشروط التشغيلية المحددة لهذا المرفق النووي.

الفصل 10: معايير الأمان

25. يجب أن يضمن تصميم المرفق النووي إبقاء جرعات الإشعاع للعاملين في المرفق، ولأفراد الجمهور عند أدنى حد معقول يمكن تحقيقه (ALARA principle)، وذلك طوال عمر المرفق؛ وأن يكون بالإمكان تقييد جرعات العاملين وأفراد الجمهور، على النحو المنصوص عليه في لائحة الأمان الإشعاعي (NRRC-R-01 Rev. 0.1).

26. فيما يتعلق بجميع المرافق النووية التي يمكن أن تؤثر على أفراد الجمهور، بما في ذلك التأثير المشترك لعدة مرافق، فإن الأثر الإشعاعي المحتمل وإجراءات الطوارئ خارج الموقع، يجب أن تكون محدودة للحالات التشغيلية المختلفة لهذه المرافق، وذلك على النحو التالي:

أ. يجب ألا يسبب التشغيل العادي سوى تأثير إشعاعي ضئيل خارج المنطقة المجاورة مباشرة للمرفق.

ب. يجب ألا تسبب الوقائع التشغيلية المتوقعة جرعات إشعاعية فردية فعالة تتجاوز الحدود العامة الخاصة بالحماية الإشعاعية.

ج. يجب ألا يسبب الحادث المحتاط له في التصميم سوى أثر إشعاعي طفيف خارج المنطقة المجاورة مباشرة للمرفق، وألَّا يتطلب هذا الحادث اتخاذ إجراءات طوارئ خارج الموقع.

د. يمكن للحادث العنيف أن يتسبب فقط بتنفيذ إجراءات طوارئ خارج الموقع ومحدودة من حيث المكان والزمن.

27. يجب أن تكون التأثيرات التشغيلية المحتملة والتأثيرات المحتملة للحوادث على الحواجز المادية المانعة للانبعاثات الاشعاعية في المرفق النووي محدودة وفقًا لمبدأ الدفاع في العمق. ويمكن أثناء التشغيل أن تحدث تسربات طفيفة فقط. وفي حالات الحوادث يجب حماية سلامة الحواجز وإحكامها ضد التسرب بما يتوافق مع الحدود المتعلقة بالأثر الإشعاعي وبإجراءات الطوارئ خارج الموقع.

28. يجب أن يتم في تصميم المرفق النووي تفادي التأثيرات المحتملة لما يعرف بحافة الهاوية. ويجب أن تُوفر تقييمات التصميم ضمانًا بوجود هوامش أمان كافية لتجنب تأثيرات حافة الهاوية، ولمراعاة أوجه عدم اليقين المرتبطة بخصائص كل حالة من حالات المرفق، والمرتبطة أيضًا باستجابة المرفق، وأداء وظائف الأمان، وسلوك الحواجز المادية المانعة للانبعاثات، والعواقب التقديرية، وذلك من منظور معايير الأمان.

الباب الرابع: أساس التصميم

الفصل 11: حالات المرفق

29. يجب أن يتم في تصميم المرفق النووي تطبيق أسلوب منهجي لتعريف وتحديد مجموعة شاملة من حالات المرفق، بحيث يتم تَوقُّع جميع الحالات والظروف الممكنة، ومراعاتها في هذا التصميم.

30. يجب تعريف وتحديد حالات المرفق، والتي تتكون من حالات تشغيلية وظروف حوادث، وتجميعها في عدد محدود من الفئات، استنادًا في المقام الأول إلى مدى تكرار حدوثها.

31. يجب أن تتضمن الحالات التشغيلية:

أ. جميع مراحل الأنماط التشغيلية الاعتيادية، والتي يتم تنفيذها ومراقبتها والتحكم بها بحيث لا تنحرف بشكل كبير عن حالات التشغيل الاعتيادية.

ب. الوقائع التشغيلية المتوقعة التي يمكن التنبؤ بحدوثها مرة واحدة على الأقل خلال عمر المرفق، والتي تتطلب تنشيط وظائف للأمان لمنع أي تهديد له أهمية بالنسبة لسلامة الحواجز المادية المانعة للانبعاثات.

32. يجب أن تتضمن حالات الحوادث:

أ. الحوادث المحتاط لها في التصميم والناتجة عن إخفاق الهياكل، أو الأنظمة، أو المكوّنات، التي تسبب ابتعادًا كبيرًا عن حالة التشغيل العادي، والتي تستدعي تنشيط نظام الأمان لحماية سلامة حاجز أو أكثر من الحواجز المادية المانعة للانبعاثات.

ب. الحوادث العنيفة التي تؤدي إلى تدهور شديد في عناصر الوقود داخل قلب المفاعل، أو في مستودع الوقود، والتي يجب تخفيف عواقبها لمنع الانبعاثات الكبيرة من المواد المشعة إلى البيئة.

33. يجب تعريف وتحديد الأحداث البادئة في تقييمات التصميم، والتي تندرج تحت حالات مختلفة للمرفق، والتي يجب كذلك أن يتم تحليلها لمعرفة مدى استجابة المرفق، ومدى تلبيته لمعايير

الأمان. ويجب أن يتم مراعاة جميع الوقائع التشغيلية المتوقعة في التصميم والتنبؤ بها، وهي الوقائع التي من المحتمل أن تكون عواقبها معتبرة، ويكون تكرار حدوثها كبيرًا.

الفصل 12: مزايا (خصائص) وأنظمة الأمان

34. من أجل أن تستوفي معايير الأمان ومن أجل الوصول إلى حالة خاضعة للسيطرة؛ يجب أن تكون مزايا الأمان الكامنة أو التي تمت هندستها للمرفق النووي قادرة على منع حصول الوقائع التشغيلية المتوقعة، وحالات الحوادث، أو التحكم بها، أو تخفيف حدتها، وذلك من أجل أن تستوفي معايير الأمان، ومن أجل الوصول إلى حالة خاضعة للسيطرة؛ وتكون قادرة على تمكين الوصول إلى حالة مستقرة وآمنة والحفاظ عليها، بعد الأحداث البادئة.
35. يجب تصميم أنظمة أمان مخصصة لحماية أمان المرفق النووي، والوصول إلى حالة خاضعة للسيطرة في وقائع التشغيل المتوقعة، والحوادث المحتاط لها في التصميم. ويجب أن يكون لكل وحدة في أي مرفق نووي متعدد الوحدات أنظمة أمان خاصة بها مصممة ومُثْبتة لتحقيق أعلى مستوى من متطلبات التصميم والأمان.
36. عند حدوث أحد الأعطال؛ يجب أن يصمد كل نظام من أنظمة الأمان دون فقدان وظيفته التي وُضع من أجلها. ويجب أن تؤخذ في الاعتبار، وعلى نحو مناسب، أوقات الصيانة والإصلاح وغيرها من أوقات الانقطاع. ويجب -حسب الاقتضاء- منع التداخل بين العناصر الاحتياطية في نظام الأمان، وذلك بواسطة وسائل مثل الفصل المادي، والاستقلال الوظيفي، والعزل الكهربائي، واستقلال الاتصالات.
37. يجب أن يُراعي تصميم المرفق النووي احتمال حدوث أعطال نتيجة أسباب مشتركة في أنظمة الأمان وغيرها من العناصر المهمة للأمان، وذلك لتحديد كيفية تطبيق مفاهيم التنوع والاستقلالية والفصل، لتحقيق الموثوقية اللازمة لوظائف الأمان المطلوبة في الحالات المختلفة للمرفق وفيما يعقبها، بما في ذلك ظروف تمديد التصميم الناتجة عن أعطال ذات سبب مشترك في أنظمة الأمان.

الفصل 13: تمديد التصميم

38. يجب تحديد ظروف تمديد التصميم الناتجة عن الأعطال والأخطار، التي تتجاوز ما تم افتراضه لوقائع التشغيل المتوقعة، والحوادث المحتاط لها في التصميم، وذلك استنادًا إلى تقييمات التصميم. ويجب تضمين ظروف التمديد في تصميم المرفق النووي كظروف حوادث.
39. يجب أن تتم إدارة ظروف تمديد التصميم للمرفق النووي، باستخدام خصائص وتدابير أمان مخصصة، حيثما كان ذلك ضروريًا، وذلك لمنع العواقب غير المقبولة. ويجب تبرير هذه المعايير بكونها متسقة ومتناسبة مع المعايير المطبقة لظروف حوادث أخرى.

الفصل 14: الأخطار الداخلية والخارجية

40. يجب تعريف وتحديد جميع الأخطار الداخلية والخارجية المتوقعة، بما في ذلك احتمال وقوع أحداث سببها بشري وتؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على أمان المرفق النووي، ويجب تقييم تأثيراتها لضمان وجود الإجراءات الملائمة والكافية للمنع، وللحماية، ولإجراءات التخفيف.
41. يجب إدراج تأثيرات الأخطار الداخلية والخارجية في تصميم مخططات ومباني المرفق النووي، وفي تحديد حالات المرفق، والأحداث البادئة في تقييمات التصميم، وكذلك في تحديد عمليات تحميل العناصر ذات الأهمية للأمان.
42. إذا كان الموقع يحتوي على عدة مرافق نووية، فإنه يجب أن يُراعى في التصميم تأثيرات الأحداث الخارجية على جميع المرافق، وعلى الموارد والوظائف المشتركة، كما يجب أن تراعى تأثيرات الأحداث المتزامنة التي تؤثر على المرافق الأخرى المختلفة، وكذلك الأخطار المحتملة التي يمثلها كل مرفق أو نشاطٍ ذي صلة على المرافق الأخرى.

الباب الخامس: المتطلبات العامة للتصميم

الفصل 15: العناصر ذات الأهمية للأمان

43. يجب تعريف وتحديد جميع العناصر ذات الأهمية للأمان وتصنيفها بناءً على تلك الأهمية، وذلك من منظور كلٍّ من السلامة الهيكلية والتشغيل الوظيفي. ويجب استخدام هذا التصنيف

كأساس لوضع مستويات مختلفة من ضمان الجودة، ولإثبات الأمان للعناصر التي تختلف في أهميتها لمبدأ الدفاع في العمق، وللأهداف الأساسية لوظيفة الأمان.

44. يجب أن يُحدَّد في تصميم العناصر ذات الأهمية للأمان، الأداء الوظيفي اللازم، والقدرة، والسلامة، والموثوقية، بالإضافة إلى حدود التصميم المتسقة مع العوامل المادية الرئيسية المتغيرة، وذلك لحالات التشغيل ذات الصلة، وظروف الحوادث، والأخطار الداخلية والخارجية.

45. يجب أن يضمن التصميم منع أي تداخل بين العناصر المهمة للأمان، وبالأخص يضمن أن أي فشل (إخفاق) في العناصر المهمة للأمان (ضمن نظام في فئة أمان أقل) لن ينتشر ليصل إلى نظام في فئة أمان أعلى.

46. يجب تنفيذ برنامج لمعرفة مدى أهلية وكفاءة العناصر ذات الأهمية للأمان، وذلك للتحقق من أن هذه العناصر قادرة على أداء وظائفها المطلوبة منها في المرفق النووي عند الضرورة، وفي الظروف البيئية السائدة، وغيرها من الظروف ذات العلاقة، وذلك طوال العمر التصميمي لهذه العناصر.

47. يجب أن تكون العناصر ذات الأهمية للأمان مصممة بحيث:

أ. أن تكون قادرة على تكبد عطل واحد إذا كان مطلوبًا من العنصر تنفيذ إجراء صحيح لاستيفاء معايير القبول في تحليل الأمان.

ب. تحتوي على مزايا تؤمن ضد الإخفاق، وتمنع التفاعلات الضارة مع العناصر الأخرى -حسب الاقتضاء- وذلك من منظور وظيفة الأمان ومنظور تصميم النظام.

ج. تمتثل للقواعد، والمعايير، والممارسات الهندسية، المتعلقة بتصميم المرافق النووية.

د. يتم تصنيعها، وإنشاؤها، وتجميعها، وتركيبها، وإقامتها (نَصْبِها)، وفقًا للإجراءات المقررة، وطبقًا لمواصفات التصميم.

هـ. يتم اختبارها، ومعايرتها، وصيانتها، وإصلاحها أو استبدالها، وفحصها، ومراقبتها عند الحاجة، وذلك لضمان جودة أدائها الوظيفي، وقدراتها، وسلامتها، وموثوقيتها، في جميع الظروف المحددة.

48. يجب تحديد العمر التصميمي (الافتراضي) للعناصر ذات الأهمية لأمان المرفق النووي. ويجب توفير هوامش مناسبة في التصميم تُراعى فيها آليات التقادم ذات الصلة، والتقصف النيوتروني، والتآكل التدريجي، والتدهور المحتمل المرتبط بالعمر، وذلك لضمان قدرة العناصر ذات الأهمية للأمان على أداء وظائفها الخاصة بها طوال عمرها التشغيلي.

الفصل 16: العوامل البشرية في التشغيل وفي الطوارئ

49. يجب توفير الوسائل الفعالة لتشغيل المرفق النووي، ورصد حالته، والتواصل مع جميع الموظفين في المرفق النووي بكامله، وذلك لتسهيل اتخاذ التدابير الصحيحة والفعالة في جميع الحالات التشغيلية، وظروف الحوادث، وفيما يعقبها من حالات أو ظروف.
50. يجب مراعاة العوامل البشرية بشكل منهجي في مرحلة مبكرة من مراحل عملية تصميم المرفق النووي. ويجب أن تستمر مراعاة هذه العوامل طوال عملية التصميم بأكملها، ويشمل ذلك غرفة التحكم، وواجهات التواصل بين الإنسان والآلة، والإجراءات المختلفة، وتصميم مخطط المرفق.
51. يجب تزويد المرفق النووي بمزايا وإجراءات خاصة بحالات الطوارئ، بما في ذلك الإضاءة والتهوية، ومسالك الدخول والخروج والهروب، واستخدام المعدات غير الدائمة، والخدمات الأخرى الضرورية للموظفين من أجل أن يظلوا آمنين ومؤثرين في حالات الطوارئ المحتملة وذلك استنادًا إلى تقييمات التصميم.

الفصل 17: المواد الانشطارية والمواد المشعة

52. يجب إعطاء اهتمام خاص في مرحلة تصميم المرفق النووي تجاه تضمين الأمان والتصميم مزايا لإدارة وتداول المواد الانشطارية، والوقود، وكذلك المواد المشعة، والنفايات المشعة من أجل تحقيق معايير الأمان الخاصة بهذا المرفق.
53. يجب أن يتم تصميم جميع الأنظمة والمباني التي تحتوي على مواد مشعة أو مواد انشطارية، وكذلك تصميم المرفق النووي ككل، بحيث يظل التأثير الإشعاعي عند أدنى حد معقول يمكن تحقيقه (ALARA principle)، من أجل أن يتوافق مع الحدود المقررة لتصريف المواد المشعة

للحالات التشغيلية ولظروف الحوادث، وذلك لمنع حدوث حالة حرجة عَرَضية، أو الحرارة المفرطة، أو انطلاق المواد المشعة غير الخاضع للسيطرة، وكذلك لتخفيف العواقب الإشعاعية الناتجة عن الحوادث.

54. يجب أن يكفل تصميم المرفق النووي وضع الترتيبات اللازمة لتقليل تأثير المواد المشعة، وما يصاحبها من نفايات سائلة سامة تنتج من عمليات التشغيل العادية، على الجمهور والبيئة إلى أدنى حد ممكن، ولضمان أن تكون عمليات التصريف ضمن الحدود المسموح بها وذلك قبل إطلاقها في البيئة.

55. يجب أن يضمن تصميم المرفق النووي إمكانية إخراج المرفق من الخدمة، وتفكيكه بأمان، مع ضمان أن تكون آثار هذه العمليات على البيئة أقل ما يمكن.

الفصل 18: الأمن النووي والضمانات

56. يجب أن يتم تصميم وتنفَيذ تدابير الأمان، وتدابير الأمن النووي، وترتيبات الضمانات الخاصة بنظام حصر المواد النووية ومراقبتها في المرفق النووي بطريقة متكاملة لا يعارض ولا يُخل بعضها ببعض.

57. يجب عزل المرفق النووي عن محيطه بتخطيط مناسب للعناصر الإنشائية المختلفة، بحيث يُمكِّن هذا التخطيط من التحكم في الوصول إلى هذا المرفق.

58. يجب منع الوصول غير المأذون به إلى العناصر ذات الأهمية للأمان، أو التداخل معها، بما في ذلك الأجهزة وملحقاتها والبرامج الحاسوبية.

الباب السادس: متطلبات محددة لمحطات الطاقة النووية

الفصل 19: قلب المفاعل والوقود النووي

59. يجب أن تصمم عناصر وتركيبات الوقود لمحطة الطاقة النووية بحيث يكفل هذا التصميم السلامة الهيكلية لهذه العناصر والتركيبات، وبحيث تتحمل المستويات الإشعاعية المتوقعة والظروف الأخرى في قلب المفاعل، إضافةً إلى جميع عمليات التدهور التي يمكن أن تحدث خلال الحالات التشغيلية. ويجب أن يتم تحديد حدود التصميم الخاصة بالتسرب المسموح به من نواتج الانشطار المنبعثة من الوقود بحيث يظل الوقود مناسبًا أيضًا للاستخدام المتواصل بعد وقائع التشغيل المتوقعة.
60. يجب أن تصمم عناصر وتركيبات الوقود، وهياكلها الداعمة، والعناصر الأخرى المصاحبة، بحيث تضمن أنه في الحالات التشغيلية وفي ظروف الحوادث غير العنيفة، يتم الحفاظ على نسق هندسي يسمح بما يكفي من التبريد، وبعدم إعاقة إدخال قضبان التحكم. كما يجب أن تصمم عناصر الوقود وتركيباته، بحيث تكون قادرة على مقاومة الأحمال والضغوط الناتجة عن الرفع، والحركة، والمناولة، قبل وبعد استخدامها في قلب المفاعل، وأثناء تزويد المفاعل بالوقود.
61. يجب ضمان الاستقرار الطبيعي لتوزيعات التدفق النيوتروني التي يمكن أن تنشأ في أي حالة من حالات قلب المفاعل، بما في ذلك الحالات الناشئة بعد الإغلاق، وأثناء أو بعد التزوُّد بالوقود، والحالات الناشئة عن الوقائع التشغيلية المتوقعة، وعن ظروف الحوادث التي لا تتضمن تدهور قلب المفاعل. ويجب توفير وسائل لقياس توزيع التدفق النيوتروني في جميع نواحي قلب المفاعل. كما يجب التقليل من المطالب المنشودة من نظام التحكم، وذلك للحفاظ على أشكال التدفق النيوتروني ومستوياته واستقراره، ضمن القيود التصميمية المحددة في جميع الحالات التشغيلية.
62. يجب توفير الوسائل التي تمكِّن من إغلاق المفاعل عند الضرورة في الحالات التشغيلية وفي ظروف الحوادث، وذلك من أجل الحفاظ على شروط الإغلاق حتى في الظروف الأكثر تفاعلية في قلب المفاعل، ولمنع الحالة الحرجة غير المقصودة في جميع وقائع زيادة التفاعلية المتوقعة

أثناء حالة الإغلاق. ويجب أيضًا أن تشتمل وسائل إغلاق المفاعل، ووسائل إبقاء المفاعل في الحالة دون الحرجة، على مستوى مناسب من التنوع والاستقلالية لتكون فعّالة في ظروف تمديد التصميم في ظل حدوث عطل له سبب مشترك ويؤثر على الوسائل الرئيسية لإغلاق المفاعل.

63. يجب توفير الوسائل التي تمكّن من إزالة الحرارة المتولدة في قلب المفاعل بحيث لا يتم تجاوز حدود تصميم الوقود في جميع مراحل أنماط التشغيل العادية. ويجب أن تكون مزايا وأنظمة الأمان الهندسية قادرة بدورها على إغلاق المفاعل بالسرعة الكافية، وعلى تبريد قلب المفاعل لتلبية معايير القبول المحددة للوقود، حسب ما ينطبق على الأحداث البادئة المختلفة لتحليل الأمان، في ظل تغيُّرات التفاعلية، أو فقدان مادة التبريد، أو ظروف أخرى تؤثر على قلب المفاعل وعلى الوقود.

الفصل 20: نظام تبريد المفاعل

64. يجب أن يتم تصميم وبناء مكونات نظام تبريد المفاعل لمحطة الطاقة النووية، بحيث يتم التقليل إلى أدنى حد ممكن من مخاطر العيوب الناتجة عن معايير التصميم غير الملائمة، أو عن عدم كفاية جودة المواد أو تصنيعها، أو عن عدم كفاية القدرة على الفحص والتفتيش أثناء التصنيع أو التركيب أو أثناء الخدمة. ويجب أن يوفِّر التصميم مقاومةً عالية ضد بدء الخلل وانتشاره، ويوفر كذلك كشفًا فعالًا عن العيوب غير المقبولة، ووقايةً من حالات التقصف المحتملة عند حدود ضغط مادة تبريد المفاعل، وكذلك تقليل تأثيرات إخفاقات المكونات داخل نظام تبريد المفاعل.

65. يجب اتخاذ ترتيبات لمراقبة مخزون ودرجة حرارة وضغط مادة تبريد المفاعل، وذلك لضمان أن حدود التصميم المعينة لنظام التبريد في هذا المفاعل لا يتم تجاوزها في أي حالة من الحالات التشغيلية للمحطة، مع وجوب مراعاة التغيرات الحجمية والتسرب.

66. يجب توفير مرافق ملائمة لتخليص مواد تبريد المفاعل من نواتج التآكل المنشَّطة، ونواتج الانشطار المشتقة من الوقود، وكذلك المواد الأخرى المشعة أو غير المشعة من مادة تبريد المفاعل. ويجب أن تستند قدرات أنظمة التنظيف المصاحبة، إلى حدود التصميم المقررة

للتسرب المسموح به للوقود، مع الهوامش الكافية لضمان إمكانية تشغيل المحطة وفقًا لمعايير الأمان، والحدود المقررة للتصريف في البيئة.

67. يجب توفير أجهزة لتخفيف الضغط، لحماية نظام تبريد المفاعل من الضغط الزائد، وإبقاء ضغطه في الحدود المقررة، دون أن يؤدي ذلك إلى انبعاث مواد مشعة مباشرة إلى البيئة. ويجب أن تكون حماية نظام تبريد المفاعل من الضغط الزائد قادرة على الحد من الضغط وفقًا لمعايير القبول المعمول بها في الأحداث البادئة المختلفة لتحليل الأمان استنادًا إلى قواعد ومعايير الصناعة. كما يجب أن تشتمل وسائل الحماية من الضغط الزائد على المستوى الكافي من التنوع والاستقلالية، وذلك لتغطية ظروف تمديد التصميم في ظل عطل ذي سبب مشترك يؤثر على الوسائل الرئيسية للحماية من هذا الضغط الزائد.

68. يجب توفير الوسائل اللازمة لتخليص نظام تبريد المفاعل من الحرارة المتبقية، بحيث لا يحصل تجاوز للحدود المقررة للتصميم في جميع مراحل أنماط التشغيل العادي، بما في ذلك حالات الإغلاق، وبحيث يتم تحقيق معايير القبول الخاصة بتحليل الأمان لوقائع التشغيل المتوقعة، والحوادث المحتاط لها في التصميم. ويجب أن تغطي الوسائل المستخدمة لتخليص نظام تبريد المفاعل من الحرارة المتبقية، سلسلة إزالة الحرارة كاملة وصولًا إلى المبدد الحراري النهائي (Ultimate Heat Sink). كما يجب أيضًا أن تكون الوسائل فعالة في ظروف تمديد التصميم في ظل أحداث بادئة، وعطل ذي سبب مشترك، أو ظروف خطر نادرة تؤثر على سلسلة إزالة الحرارة المتبقية، أو على مبدد الحرارة النهائي.

الفصل 21: نظام الاحتواء

69. يجب توفير نظام احتواء لمحطة الطاقة النووية، لإبقاء الانبعاثات الإشعاعية إلى البيئة عند أدنى حد معقول يمكن تحقيقه (ALARA principle)، ولضمان عدم تجاوز الحدود الموضوعة للتصريف في البيئة. ويتم ذلك عن طريق حبس المواد المشعة، واستخدام الدروع الواقية من الإشعاعات المنبعثة من داخل وعاء الاحتواء، والتحكم في الانبعاثات المشعة المخطط لها من وعاء الاحتواء، والحد من الانبعاثات المشعة العَرَضية إلى البيئة. كما يجب أن يساهم نظام الاحتواء أيضًا في تخليص المفاعل أو بقايا قلب المفاعل من الحرارة المتبقية، سواء داخل أو

خارج نظام تبريد المفاعل، وذلك في حالة حصول حادث عنيف، إضافةً لمساهمته كذلك في حماية المفاعل من الأخطار التي ينطوي عليها احتمال حدوث تأثيرات مادية شديدة.

70. يجب أن يتم تصميم نظام الاحتواء على نحو يضمن أن الأحمال على نظام الاحتواء تتفق مع معايير القبول، وأن أي انبعاثات إشعاعية في البيئة هي وفق معايير الأمان وكما هو مطبق لحالات التشغيل، وحالات الحوادث، وظروف تمديد التصميم، وكذلك الأخطار الداخلية والخارجية. ويجب الإبقاء على عدد الاختراقات من خلال هيكل الاحتواء، عند الحد العملي الأدنى، كما يجب أن تلبي جميع هذه الاختراقات نفس متطلبات التصميم تمامًا كما هي لهيكل الاحتواء ذاته. ويجب تعيين حد للتصميم لمعدل التسرب لنظام الاحتواء ككل عند الضغط التصميمي، كما يجب أن يسمح تصميم نظام الاحتواء باختبار مدى إحكام منع التسرب، بعد الانتهاء من بناء هيكل الاحتواء وتركيب جميع الاختراقات، ويكون هذا الاختبار على فترات مبررة خلال فترة تشغيل هيكل الاحتواء.

71. يجب توفير الوسائل التي تمكِّن من عزل كل خط يخترق الاحتواء. وكل خط يخترق الاحتواء، باعتباره جزءً من نظام تبريد المفاعل، أو مرتبطًا به، أو متداخلا معه، أو كل خط مرتبط مباشرة بالغلاف الجوي للاحتواء، يجب أن يكون قابلًا للإغلاق تلقائيًا بشكل موثوق في حالة وقوع حادث يكون فيه العزل وإحكام التسرب أمرًا ضروريًا للحفاظ على مخزون مادة تبريد المفاعل، أو لمنع الانبعاثات المشعة إلى البيئة بسبب تجاوز معايير الأمان. كما يجب مراعاة أن يتم توفير التنوع والاستقلالية في تصميم وظائف العزل، مع إعطاء الاهتمام الواجب للأعطال ذات الأسباب المشتركة التي تحدث لأجهزة العزل المماثلة، والتي يمكن أن تقود إلى مسار تسرب مادة تبريد المفاعل -إن وجدت- متجاوزًا الاحتواء، ومهددًا لنظام تبريد قلب المفاعل.

72. وصول موظفي التشغيل إلى الاحتواء يجب أن يكون عبر مصدات هوائية مزودة بأبواب متداخلة الإغلاق، تضمن إغلاق باب واحد على الأقل، أثناء تشغيل المفاعل أو في حالات وقوع حوادث. ويجب تصميم منافذ الاحتواء المخصصة لحركة المعدات أو المواد عبر الاحتواء، بحيث يمكن إغلاقها بسرعة وموثوقية، كلما تطلب الأمر عزل الاحتواء. كما يجب توفير وسائل

موثوقة لضمان سلامة موظفي التشغيل، فيما يتعلق باستخدام مسارات ومنافذ الوصول إلى الاحتواء.

73. يجب وضع ترتيبات للتحكم في ضغط ودرجة حرارة الاحتواء ومقصوراته، ومراقبة أي تراكم أو انبعاث لنواتج الانشطار، أو المواد الأخرى الغازية أو السائلة أو الصلبة داخل الاحتواء، والذي يمكنه أن يؤثر على تشغيل العناصر ذات الأهمية للأمان، بما في ذلك التأثيرات المحتملة لمواد العزل، ومواد الأغطية، ومواد الطلاء، والمواد غير الملائمة. ويجب أن يغطي تصميم الاحتواء التأثيرات، والظروف، والظواهر، التي يمكن أن تشكل تحديًا لسلامة نظام الاحتواء، أو موانع التسرب فيه، أو قدرة هذا النظام والعناصر والإجراءات المرتبطة به، على التحكم في الانبعاثات المشعة والحد منها في ظروف الحوادث. ويجب ألا تؤدي أي وسيلة تستخدم لإطلاق الغازات من نظام الاحتواء، أو لخفض ضغطه، أو لحماية سلامته وسلامة موانع التسرب من خلاله إلى انبعاث إشعاعي مبكر، ويجب كذلك أن تبرهن على أنها تفي بمعايير الأمان للحوادث المحتاط لها في التصميم، والحوادث العنيفة.

الفصل 22: أنظمة العمليات و أنظمة التهوية

74. يجب أن يكون تصميم نظام الإمداد بالبخار، وأنظمة تغذية المياه، ومولدات التوربينات لمحطة الطاقة النووية على نحو يضمن عدم تجاوز حدود التصميم أو معايير القبول للحدود الخاصة بضغط مادة تبريد المفاعل، وذلك في الحالات التشغيلية أو في حالات وقوع الحوادث. ويجب أن يوفر التصميم القدر الكافي من إمدادات البخار، ومن تغذية المياه، والعزل، ومن وظائف تخفيف الضغط إضافة إلى حماية التوربينات، وتقليل تأثيرات القذائف المحتملة والمتولدة من التوربينات.

75. يجب أن تفي أنظمة العمليات في محطة الطاقة النووية، بمتطلبات الأساس التصميمي لأنظمة الأمان، وهي الأنظمة اللازمة لتبريد قلب المفاعل، وإزالة الحرارة المتبقية عن نظام تبريد المفاعل ونظام الاحتواء، أثناء وبعد الوقائع التشغيلية المتوقعة، والحوادث المحتاط لها في التصميم. كما يجب توفير مستوى مناسب من الاستقلالية والتنوع في أسلوب بناء أنظمة العمليات في

المحطة، لتنفيذ مبدأ الدفاع في العمق، وكذلك لتغطية ظروف تمديد التصميم في ظل الأعطال ذات السبب المشترك، وحالات الخطر النادرة.

76. يجب أن تكون متطلبات التصميم المطبقة على الأنظمة الداعمة والأنظمة المساعدة التي لا تؤدي وظائف أمان في الخطوط الأمامية، ولكنها مطلوبة سواء على المدى القصير أو الطويل لتحقيق الأهداف الأساسية لوظائف الأمان، متوافقة مع وظائف الأمان للأنظمة والمكونات التي وُضعت هي لخدمتها. وكمبدأ تصميم عام يجب أن تحظى الأنظمة الداعمة والأنظمة المساعدة المطلوبة لأنظمة الأمان، بنفس القدر من الأهمية لأنظمة الأمان ويجب معاملتها على نحو مماثل، وذلك من أجل أن تكون هذه الأنظمة فعَّالة أثناء وبعد الأحداث البادئة ذات الصلة.

77. يجب توفير أنظمة مساعدة عند الضرورة لإزالة الحرارة من الأنظمة والمكونات المطلوبة للعمل في الحالات التشغيلية وفي ظروف الحوادث. ويجب أن يتيح تصميم أنظمة الانتقال الحراري عزل العناصر غير الأساسية لضمان تبريد العناصر ذات الأهمية للأمان.

78. يجب أن تكون متطلبات التصميم المطبقة على الأنظمة الهوائية والهيدروليكية متسقة مع أهمية الأمان للعناصر التي تخدمها. ويجب في تصميم النظام الهوائي أو النظام الهيدروليكي الذي يخدم العناصر ذات الأهمية للأمان أن يتم تحديد: الجودة، ومعدل التدفق، والنظافة، والشروط الضرورية الأخرى للسائل المراد توفيره.

79. يجب توفير أنظمة لتكييف الهواء، وأنظمة لتدفئة الهواء، وأنظمة لتبريد الهواء، وأنظمة لتهوية المباني – حسب الضرورة – في الغرف المساعِدة أو المناطق الأخرى في محطة الطاقة النووية، وذلك للحفاظ على الظروف البيئية المطلوبة للعناصر ذات الأهمية للأمان، لتمكينها من أداء وظائفها في الحالات التشغيلية، وفي حالات وقوع الحوادث. ويجب إبقاء مناطق المحطة، ذات التلوث المتوقع العالي، عند ضغط سلبي تفاضلي نسبة إلى المناطق ذات التلوث الأقل والمناطق الأخرى التي يمكن الوصول إليها. كما يجب تزويد أنظمة التهوية بقدرة كافية على التنظيف، لمنع تشتت المواد المشعة المحمولة جوًا أو تصريفها في البيئة، والحد من ذلك والتحكم به، وذلك وفقًا لمعايير الأمان في المحطة، والحدود المقررة لعمليات التصريف.

80. يجب أن يراعى في تصميم محطات الطاقة النووية التي تكون مقرونة بوحدات لاستغلال الحرارة أو لتحلية المياه منع العمليات التي يمكن أن تنتقل من خلالها النويدات المشعة من المحطة إلى وحدة تحلية المياه، أو إلى وحدة تدفئة المنطقة، وذلك في ظروف الحالات التشغيلية للمحطة أو في ظروف الحوادث.

الفصل 23: الأجهزة و أنظمة التحكم

81. يجب عند توفير الأجهزة في محطة الطاقة النووية، أن يتم ذلك وفقًا لمبدأ الدفاع في العمق، من أجل تحديد قيم جميع العوامل المتغيرة الرئيسية والمتغيرات الداعمة التي تعتبر ضرورية للتشغيل الآمن والموثوق للمحطة، وذلك لتفعيل وظائف الأمان للوصول للأهداف الأساسية المتمثلة في التحكم في التفاعلية وإزالة الحرارة وحبس المواد المشعة، ولرصد حالة العناصر الأساسية، وتحديد حالة المحطة، وإعادة المحطة إلى الحالة الآمنة بعد الأحداث البادئة، ولاتخاذ قرارات مستنيرة، لتخفيف العواقب الإشعاعية في حالات الطوارئ.

82. يجب توفير أنظمة موثوقة للتَّحكم، للحفاظ على متغيرات العملية ذات الصلة، ضمن نطاقات التشغيل المحددة. ويجب توفير وظائف تقييد إضافية – عندما يكون ذلك مناسبًا – من أجل منع الانحرافات التي قد تحدث في هذه العملية من أن تؤدي إلى تفعيل نظام الحماية.

83. يجب توفير نظام حماية للكشف عن الظروف غير الآمنة للمحطة، وللتشغيل التلقائي لأنظمة الأمان اللازمة لاستعادة الحالة الخاضعة للسيطرة في الوقائع التشغيلية المتوقعة والحوادث المحتاط لها في التصميم. ويجب تصميم نظام الحماية بحيث يتجاوز الإجراءات الأخرى، ويعمل في اتجاه آمن عند حدوث أعطال، ويقوم بتبليغ المشغلين بالعوامل المتغيرة لنظام الحماية وعمليات تشغيله. ويجب أن يستوفي نظام الحماية متطلبات أساس التصميم لأنظمة الأمان. كما يجب أيضًا توفير مستوى مناسب من التنوع والاستقلالية في البنية الهندسية للأجهزة ولأنظمة التحكم، لتغطية ظروف تمديد التصميم في ظل أي أحداث بادئة، أو عطل في وظائف نظام الحماية له سبب مشترك، ولتخفيف عواقب الحوادث العنيفة، وبشكل مستقل قدر الإمكان عن أسبابها المحتملة.

84. يجب، وفقًا لمبدأ الدفاع في العمق، أن يكون نظام الحماية مستقلًا عن أنظمة التحكم، وذلك لمنع الفقدان العَرَضي أو التبعي لكلا مستوَيَي الدفاع. ويجب منع التداخل بين نظام الحماية وأنظمة التحكم، وذلك من خلال وسائل للفصل تتيح تجنب الترابطات البينية، ومن خلال الاستقلال والعزل الوظيفيين المناسبين. كما يجب تطبيق مبادئ التصميم المكافئة في جميع نواحي البنية الهندسية للأجهزة ولأنظمة التحكم – حسب الاقتضاء – من أجل مستويات الأجهزة، والتحكم، والتشغيل، للبنية الوظيفية للمحطة، لكي تشمل حماية كافية ضد تأثيرات الأعطال ذات السبب الفردي أو المشترك، وتركيباتها، المتعلقة بالأجهزة وبالبرمجيات، وكذلك لمنع الأخطاء أو الأحداث أو الأخطار المحتملة، من أن تتسبب في فقدان العديد من مستويات الدفاع في العمق.

85. يجب توفير غرفة تحكم يمكن من خلالها تشغيل المحطة بأمان في جميع الحالات التشغيلية، واتخاذ التدابير للحفاظ على المحطة في حالة آمنة، أو استعادتها إلى حالتها الآمنة بعد وقائع تشغيلية متوقعة، أو بعد ظروف حوادث. ويجب حماية غرفة التحكم والعاملين فيها، من التأثيرات الإشعاعية والتأثيرات المحتملة الأخرى الناتجة عن الحوادث، أو عن تمديد التصميم، أو عن ظروف متعلقة بخطرٍ ما، بما يضمن أمان المشغلين وفعاليتهم لفترات طويلة حسب ما يقتضيه ضمان الأمان. كما يجب إدراج العوامل البشرية في تصميم غرفة التحكم وواجهات التواصل بين الانسان والآلة، بما في ذلك استخدام دعم المحاكاة لوضع اللمسات الأخيرة على التصميم من أجل ما هو ضروري للمشغل من معلومات، وإنذارات، وإجراءات.

86. يجب الإبقاء على الأجهزة ومعدات التحكم متاحة، ويفضل أن تكون في مكان واحد في غرفة تحكم تكميلية منفصلة ماديًا وكهربائيًا ووظيفيًا، عن غرفة التحكم الرئيسية، وذلك لتمكين المشغلين من رصد حالة المحطة، واتخاذ الإجراءات المناسبة عند الضرورة، ولضمان الحفاظ على حالة خاضعة للسيطرة أو إعادة المحطة إلى حالة خاضعة للسيطرة والعودة إلى الحالة الآمنة في الأوضاع التي لا يمكن فيها استخدام غرفة التحكم الرئيسية عند الضرورة. ويجب أن يستند أساس التصميم لغرفة التحكم التكميلية إلى تعريف وتحديد الأعطال، والأخطاء،

والأحداث، والأخطار التي قد يتطلب حدوثها استخدام هذه الغرفة، والتي يجب حماية سُبل الوصول إليها، واستخدامها، وادائها الوظيفي، من ظروف وتأثيرات مثل هذه الأوضاع.

87. يجب تزويد محطة الطاقة النووية بما يلزم من مرافق الاستجابة لحالات الطوارئ في الموقع من أجل قيام العاملين في المحطة بالمهام المقررة، في ظل الظروف القاسية الناتجة عن الحوادث أو الأخطار. ويجب أن تكون المعلومات الخاصة بالعوامل المتغيرة المهمة للمحطة، والحالة الإشعاعية في المحطة وفي المناطق المحيطة بها متاحة في مرافق الاستجابة للطوارئ، إضافةً إلى وجود مرافق كافية للتواصل مع الموظفين في غرف التحكم الرئيسية والتكميلية، والأماكن الهامة الأخرى، ومع جهات الاستجابة للطوارئ في الموقع وخارج الموقع.

الفصل 24: الأنظمة الكهربائية و أنظمة الإنارة

88. يجب ألَّا يتأثر الأداء الوظيفي للعناصر ذات الأهمية للأمان في محطة الطاقة النووية باضطرابات شبكة الطاقة الكهربائية، بما في ذلك التغيرات المتوقعة في الجهد والتردد الذي توفره إمدادات هذه الشبكة.

89. يجب أن يتم تزويد محطة الطاقة النووية بمصدر طاقة لحالات الطوارئ قادر على توفير الطاقة اللازمة في حالات الوقائع التشغيلية المتوقعة، والحوادث المحتاط لها في التصميم، وكذلك في حالة فقدان الطاقة خارج الموقع، أو فقدان إمدادها للعناصر ذات الأهمية للأمان. ويجب عند خدمة أنظمة الأمان الأخرى، أن يستوفي نظام الإمداد بالطاقة الخاصة بحالات الطوارئ متطلبات أساس التصميم لأنظمة الأمان. ويجب أيضًا توفير مستوى مناسب من التنوع والاستقلالية في هندسة بناء الأنظمة الكهربائية بالمحطة لتغطية ظروف تمديد التصميم في ظل أحداث بادئة وأعطال ذات سبب مشترك في إمدادات الطاقة الخاصة بحالات الطوارئ، أو العناصر المصاحبة التي توفر الطاقة اللازمة للعناصر ذات الأهمية للأمان.

90. يجب توفير مصادر بديلة لإمدادات الطاقة الكهربائية الخاصة بحالات الطوارئ، تكون قادرة على توفير الطاقة اللازمة لمنع حدوث تلف كبير في قلب المفاعل أو في الوقود المستهلك، في حالة فقدان الطاقة خارج الموقع، المصحوب بتعطل مصدر الطاقة الخاص بالطوارئ، أو بعطل ناتج عن سبب مشترك يؤثر على أنظمة الأمان الكامنة – إن وجدت –. ويجب استنباط أساس

التصميم لمصدر الطاقة البديل والعناصر المرتبطة به، من الأعطال، والأخطاء، والوقائع، والأخطار، التي قد تؤدي إلى فقدان إمدادات الطاقة الخاصة بحالات الطوارئ، أو إلى عطل ناتج عن سبب مشترَك في الأنظمة الكامنة – إن وجدت – وذلك في ظل ترتيبات مناسبة للتنوع، والاستقلال، والفصل.

91. يجب الحفاظ على استمرارية إمداد الطاقة لرصد ومراقبة العوامل المتغيرة الرئيسية للمحطة، ولإكمال الإجراءات الضرورية للأمان على المدى القصير حتى في حالة الفقدان الكامل لجميع مصادر طاقة التيار المتردد. ويجب تحديد سعةٍ وهوامشٍ مناسبة للبطارية الاحتياطية لدعم رصد المرفق وإجراءات المشغلين لضمان الأمان وتنشيط امدادات طاقة التيار المتردد باستخدام مصادر طاقة بديلة، وإجراء محاولات موازية -إن وجدت- وذلك لاستعادة امدادات الطاقة الخاصة بحالات الطوارئ أو إمدادات الطاقة خارج الموقع.

92. يجب توفير الإضاءة الكافية في جميع المناطق التشغيلية في محطة الطاقة النووية، وذلك في الحالات التشغيلية وفي ظروف الحوادث.

الفصل 25: أنظمة تداول الوقود ومعالجة النفايات

93. يجب توفير أنظمة لمعالجة النفايات المشعة الصلبة، والنفايات المشعة السائلة في محطة الطاقة النووية، وذلك من أجل إبقاء الانبعاثات المشعة متفقةً مع معايير الأمان لهذه المحطة في جميع أنماط تشغيلها العادي، ومن أجل تخزين النفايات للمدة الزمنية اللازمة، بما يتفق مع توافر خيارات التخلص، قبل التخلص النهائي منها. ويجب التخفيف من عواقب الأعطال، أو الأخطاء، أو الأحداث، أو الأخطار، التي تؤثر في الأنظمة أو المباني ذات الصلة بإدارة النفايات، وذلك وفق معايير الأمان.

94. يجب توفير أنظمة لمعالجة نفايات الدوافق المشعة السائلة والغازية، في محطة الطاقة النووية، وفقًا لمعايير الأمان لهذه المحطة في جميع أنماط تشغيلها العادي. ويجب التخفيف من عواقب الأعطال، أو الأخطاء، أو الأحداث، أو الأخطار، التي تؤثر في الأنظمة أو المباني المستخدمة لمعالجة نفايات الدوافق، وذلك وفق معايير الأمان.

95. يجب توفير أنظمة لتداول وتخزين الوقود، في محطة الطاقة النووية، من أجل ضمان الحفاظ على سلامة وخصائص الوقود الجديد والوقود المستهلك، أثناء مناولة وتخزين الوقود ومن أجل ضمان التخفيف من عواقب الأعطال، أو الأخطاء، أو الأحداث، أو الأخطار، وذلك وفق معايير الأمان في هذه المحطة.

الفصل 26: أنظمة ومعدات رفع الأحمال

96. يجب توفير أنظمة علوية لرفع الأحمال في محطة الطاقة النووية -حسب الضرورة- مع وجوب الانتباه الكافي عند رفع أو تنزيل العناصر ذات الأهمية للأمان، أو عند القيام بأي عملية رفع أو تنزيل بالقرب من العناصر ذات الأهمية للأمان. ويجب أن يسمح تصميم مخطط المحطة وبقية المباني، بالحركة الآمنة لمعدات الرفع العلوية وللعناصر التي يجري نقلها.

97. يجب تصميم معدات الرفع العلوية بحيث يتم منع رفع الأحمال الزائدة، ومنع الإسقاط غير المتعمَّد للأحمال، والذي يمكن أن يؤثر على العناصر ذات الأهمية للأمان. ويجب تقييم المخاطر المصاحبة كجزء من تقييمات التصميم، وذلك لاستكمال عملية التصميم، ولتحديد متطلبات تأهيل معدات الرفع، مع المراعاة الواجبة للنشاطات الزلزالية وغيرها من ظروف الأخطار الأخرى. كما يجب أن يقتصر استخدام معدات الرفع على حالات محددة للمحطة، ويتم ذلك بالوسائل الإدارية أو بالأقفال المؤمنة -حسب الاقتضاء- لضمان الأمان.

الفصل 27: أنظمة الحماية من الحرائق

98. يجب توفير أنظمة حماية من الحرائق، بما في ذلك أنظمة الكشف عن الحرائق، وأنظمة اطفاء الحرائق، وحواجز احتواء الحرائق، وأنظمة التحكم بالدخان، وذلك في جميع أنحاء محطة الطاقة النووية. ويجب أن تراعي متطلبات التصميم وسمات العناصر المرافقة لهذه الأنظمة، بما في ذلك الهياكل والمباني ذات الصلة، ونتائج تقييمات التصميم، وتحليل أخطار الحريق، وذلك للتعامل بأمان مع الأعطال، والأخطاء، والأحداث، والأخطار، المحتملة المسببة لحالة حريق، أو الناتجة من حالة حريق.

99. يجب أن يتم في تصميم أمان الحرائق لمحطة الطاقة النووية تحديد: المستوى والنطاق المناسبين لوظائف الإطفاء الأوتوماتيكية، والمواد غير القابلة للاحتراق، أو المواد المقاومة للحريق والمقاومة للحرارة، ومعلومات الكشف التي تُقدَّم فورًا لموظفي التشغيل لضمان الأمان ولتنفيذ إجراءات مكافحة الحريق، أو غيرها من الإجراءات المطلوبة. ويجب تصميم أنظمة إطفاء الحريق بشكل يمنع إمكانية أن يتسبب تلف هذه الأنظمة، أو تشغيلها الزائف أو غير المقصود، في الإضرار بشكل كبير بوظائف الأمان في المحطة، أو تعريض سلامة الموظفين للخطر.

الفصل 28: الحماية من الإشعاع

100. يجب اتخاذ الترتيبات اللازمة التي تضمن إمكانية إبقاء الجرعات الاشعاعية للعاملين في محطة الطاقة النووية متفقةً مع معايير الأمان. ويجب أن يعتمد تصميم المحطة – بالقدر الممكن عمليًا – على تقليل تسربات الوقود، وتقليل النواتج المتولدة من التآكل والتنشيط، وذلك عن طريق اختيار المواد المناسبة وجودة التصنيع لوقود المفاعل، وللمكونات، والهياكل الداخلية لنظام تبريد المفاعل.

101. لتحقيق معايير الأمان، يجب تحديد مصادر الإشعاع في أرجاء المحطة جميعها، وتوفير الوسائل للتحكم بمستويات النشاط، والحد من انتقال المواد المشعة، وانبعاثها، وتشتتها، والذي يسبب تلوثًا اشعاعيًا داخل المحطة. ويجب أن يتيح مخطط المحطة، والدروع الواقية من الإشعاع، وتصميم نظام التهوية، إمكانية الوصول إلى موظفي التشغيل عند الضرورة، وذلك أثناء التشغيل وفي ظروف الحوادث. ويجب تقسيم المحطة إلى مناطق، بحيث يشار إليها حسب مستويات الإشعاع والتلوث المتوقعة فيها، وما يرتبط بذلك من اشتراطات لازمة للوصول اليها.

102. يجب أن يكون مخطط المحطة مصممًا بحيث تكون الجرعات التي يتلقاها المشغلون أثناء التشغيل العادي، وأثناء التزود بالوقود، والصيانة، والتفتيش محدودة وفقًا لمعايير الأمان. ويجب منح الاعتبار الواجب لضرورة توفير أي معدات خاصة لتلبية هذه المتطلبات. كما يجب وضع عناصر المحطة التي تخضع لصيانة دورية، أو لتشغيل يدوي في مناطق ذات معدل جرعة

إشعاعية منخفض لتقليل تعرض العاملين. ويجب توفير التسهيلات اللازمة لإزالة التلوث عن العاملين في تشغيل المحطة، وعن معدات المحطة وعناصرها.

103. يجب توفير المعدات اللازمة في محطة الطاقة النووية والتي تضمن وجود ما يكفي من رصد ومراقبة للإشعاع في الحالات التشغيلية للمحطة وفي ظروف الحوادث المحتاط لها، وبقدر ما يمكن عمليًا، في ظروف تمديد التصميم. ويجب أن تحتوي تجهيزات الرصد الثابت للإشعاع على عدادات لمعدل الجرعة من أجل قياس مستويات الإشعاع المحلية، ومستويات الاشعاع العامة في المحطة، وتحتوي كذلك على أجهزة رصد لقياس مستوى نشاط المواد المشعة المحمولة جوًا في المناطق ذات الصلة بالمحطة، وأجهزة رصد لنفايات الدوافق المشعة في المحطة، ولأي عمليات تصريف في البيئة.

104. يجب توفير أجهزة ثابتة لرصد الإشعاع عند نقاط الخروج الرئيسية من المناطق الخاضعة للرقابة، والمناطق الخاضعة للإشراف، لتسهيل مراقبة موظفي ومعدات التشغيل. ويجب توفير التسهيلات لرصد التعرض والتلوث الاشعاعي لموظفي التشغيل، ولتمكين تسجيل وتقييم الجرعات التراكمية مع مرور الوقت. كما يجب توفير الأجهزة وإتاحتها عند الضرورة، لقياس التلوث الإشعاعي السطحي.

105. يجب توفير أنظمة لجمع عينات المعالجة، وأنظمة لجمع العينات بعد الحوادث، وكذلك توفير مرافق للمختبرات ذات الصلة، من أجل التعرف في الوقت المناسب على تركيز نويدات مشعة محددة في أنظمة معالجة السوائل، وفي عينات الغاز والسوائل المأخوذة من الأنظمة أو من البيئة، وذلك في جميع الحالات التشغيلية للمحطة وفي ظروف الحوادث. ويجب توفير الوسائل المناسبة لرصد النشاط الاشعاعي في أنظمة السوائل والتي لديها احتمال التلوث بشكل كبير.

106. يجب اتخاذ الترتيبات لتقييم حالات التعرض المحتملة، وغيرها من التأثيرات الإشعاعية -إن وجدت- وذلك في المحيط المجاور لمحطة الطاقة النووية، ومن خلال الرصد البيئي لمعدلات الجرعات أو تركيزات النشاط، مع الاهتمام بشكل خاص بمسارات تعرض البشر، بما في ذلك السلسلة الغذائية، والتأثيرات الإشعاعية على البيئة المحلية، وازدياد وتراكم المواد المشعة في البيئة، ومخاطر وجود أي طرق غير مصرح بها لأي انبعاثات اشعاعية.

ⓒ هيئة الرقابة النووية والإشعاعية ، ١٤٤٧هـ

هيئة الرقابة النووية الإشعاعية
NRRC-R-06 Rev. 0.1تصميم المرافق النووية. / هيئة الرقابة النووية الإشعاعية .- الرياض ، ١٤٤٧هـ
..ص ؛ ..سم

رقم الإيداع: ١٤٤٧/٢١٣٦
ردمك: ٩٧٨-٦٠٣-٨٤٩٢-٢٧-٧

هيئة الرقابة النووية والإشعاعية

Nuclear and Radiological Regulatory Commission