

انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

www.nstp.nstri.ir

بهره‌برداری از نیروگاه هسته‌ای با تأکیدی بر فرهنگ ایمنی

گردآوری و تدوین

اصغر جانی‌پور

نعیم‌الدین متاجی کجوری

عباس صدق‌کردار

عنوان و نام پدیدآور: بهره‌برداری از نیروگاه هسته‌ای با تأکیدی بر فرهنگ ایمنی / اصغر جانی‌پور،

نعم‌الدین متاجی‌کجوری. Ph.D.، عباس صدق‌کردار. Ph.D.

مشخصات نشر: تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای،

سال ۱۳۸۹، پروانه نشر ۹۵۸۳.

مشخصات ظاهری: ۲۳۰ ص: ج: مصور، جدول

شابک: (ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۱۴-۵۴-۵)

وضعیت فهرست‌نویسی: فیفا، چاپ اول سال ۱۴۰۰

موضوع: نیروگاه‌های اتمی، پیش‌بینی‌های ایمنی، تدابیر ایمنی، راکتورهای هسته‌ای

رده‌بندی کنگره: TK۹۱۵۲

رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۴۸۰۲۸

شماره‌ی کتابخانه ملی: ۷۶۷۴۸۳۵



انستیتو پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

www.nstpi.nstri.ir

بهره‌برداری از نیروگاه هسته‌ای با تأکیدی بر فرهنگ ایمنی

گردآورنده: اصغر جانی‌پور، نعم‌الدین متاجی‌کجوری، عباس صدق‌کردار

ویراستار علمی: روح‌اله قیصری

ناظر علمی - فنی: سیدابوالفضل قاسمی

ویراستار ادبی - فنی: مهدیه‌السادات عامل‌ابراهیمی

صفحه‌آرایی: شادی معماری‌آذر

طراح جلد: مریم رحیمی

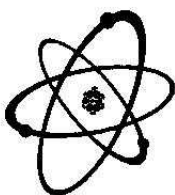
طراح حروف: پروانه الهی

وزیری، ۲۳۰ صفحه، ۳۰ نسخه، چاپ اول، تابستان ۱۴۰۰

چاپ و صحافی: دیجیتال آبنوس

کلیه‌ی حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است.

بها: ۶۰۰۰۰۰ ریال



پیشگفتار ناشر

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

یک ناشر تخصصی دولتی است که از سال ۱۳۸۶ فعالیت خود را آغاز کرده است و با توجه به تخصصی بودن موضوع، بیش‌تر کتب در حوزه‌ی علوم تنوری و تجربی، به‌ویژه آن‌هایی که به علوم و فنون هسته‌ای مربوط می‌شوند، منتشر می‌کند.

از سوی دیگر، انتشارات همپش را بر انتشار کتب به زبان فارسی، اعم از ترجمه، تألیف و گردآوری و تدوین معطوف ساخته است تا از این راه هم دانش هسته‌ای برای فارسی زبان‌ها به آسانی در دسترس و قابل استفاده باشد و هم با نشر واژه‌های معادل فارسی برای واژگان لاتین حوزه‌ی علوم و فنون هسته‌ای به غنای این زبان کمک کند.

اهداف مهم، انتشارات پژوهشگاه را می‌توان در چند محور بیان کرد:

- اعتلای دانش هسته‌ای کشور و ایجاد تعامل سازنده میان پژوهشگران، انتشار کتب تخصصی و ترویجی مرتبط با علوم و فنون هسته‌ای؛
- انتشار کتبی که از دیدگاه تاریخ علم اهمیت دارند؛
- انتشار کتب مشاهیر و دانشمندان بزرگ علوم و فنون هسته‌ای، از جمله برندگان جوایز نوبل و ...؛
- انتشار کتب در حوزه‌های مرتبطی که به هر دلیل در زبان فارسی مورد غفلت قرار گرفته است یا از آن‌ها یاد نشده است.

همچنین انتشارات در نظر دارد شماری از کتب را با حفظ حقوق مؤلفان و مترجمان، به صورت الکترونیکی، ارزان‌قیمت یا رایگان، در اختیار خوانندگان بگذارد. همه‌ی این اهداف تنها به‌کمک مؤلفان و مترجمان خبره و علاقه‌مند ممکن است که انتشارات پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای از همکاری ایشان استقبال می‌کند.

فهرست

فصل اول

ایمنی، ضرورت و چگونگی تأمین ایمنی در نیروگاه هسته‌ای

۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ ایمنی هسته‌ای	۲
۳-۱ فرهنگ ایمنی	۵
۴-۱ مرز طراحی و لزوم سیستم‌های ایمنی نیروگاه هسته‌ای	۷
۱-۴-۱ سیستم‌های ایمنی	۱۳
۵-۱ دسته‌بندی سیستم‌ها و تجهیزات در نیروگاه هسته‌ای براساس	۱۵
۱-۵-۱ اصل رویداد منفرد (عیب، عدم ایفای نقش منفرد)	۱۹
۲-۵-۱ رویداد (عیب، عدم ایفای نقش) به واسطه‌ی عامل مشترک	۲۰
۳-۵-۱ روش‌های دستیابی به بالاترین سطح اطمینان در سیستم‌های ایمنی	۲۶
۱-۳-۵-۱ استفاده براساس کار غیرفعال (مستقل از منبع انرژی یا پسیو)	۲۶
۲-۳-۵-۱ استفاده از تجهیزات رزرو	۲۷
۳-۳-۵-۱ حفاظت در برابر آسیب‌های به واسطه‌ی عامل مشترک	۲۹
۴-۳-۵-۱ افزایش تجهیزات با کیفیت	۳۱
۵-۳-۵-۱ تدابیر سازمانی - فنی	۳۱
۶-۱ کلاس‌های ایمنی، گروه تجهیزات و خطوط لوله‌ی نیروگاه هسته‌ای	۳۲
۷-۱ بهره‌برداری عادی، ایمن، شرایط و مرز اختلال در آن‌ها	۳۵
۸-۱ حدود و مرزهای ایمن سطوح فیزیکی	۴۲
۱-۸-۱ حدود و مرزهای ایمن سد فیزیکی اول	۴۳
۲-۸-۱ حدود و مرزهای عادی و ایمن سد فیزیکی دوم (غلاف میله‌ی سوخت)	۴۵
۳-۸-۱ حدود و مرزهای ایمن سد فیزیکی سوم (مرز مدار اول)	۵۰
۴-۸-۱ حدود و مرزهای ایمن سد فیزیکی چهارم (کره‌ی فلزی)	۵۰
۹-۱ حادثه	۵۰
۱۰-۱ حادثه‌ی هسته‌ای	۵۱
۱۱-۱ وضعیت اضطراری	۵۱
۱۲-۱ اتفاق	۵۲
۱۳-۱ خطا (عدم ایفای نقش، عیب)	۵۳
۱۴-۱ رویداد آغازگر	۵۳
۱۵-۱ حادثه‌ی پیش‌بینی‌شده در طرح (حادثه‌ی مبنای طراحی)	۵۴
۱۶-۱ حوادث پیش‌بینی‌نشده در طرح (فراتر از پیش‌بینی، ماورای طراحی)	۵۶
۱۷-۱ سرویس‌دهی فنی و تعمیرات	۶۳
۱۸-۱ تعمیرات	۶۳

فصل دوم

بهره‌برداری از نیروگاه هسته‌ای

۱-۲ بهره‌برداری از نیروگاه هسته‌ای	۶۷
۲-۲ حالت‌های کاری نیروگاه هسته‌ای	۶۸
۳-۲ رآکتور در توان	۷۰
۴-۲ رآکتور بحرانی است	۷۱
۵-۲ وضعیت توقف گرم	۷۱
۶-۲ وضعیت توقف نیمه گرم	۷۲
۷-۲ وضعیت توقف سرد	۷۲
۸-۲ وضعیت توقف برای تعمیرات	۷۳
۹-۲ وضعیت توقف برای تعویض سوخت	۷۴
۱۰-۲ وضعیت تعویض سوخت	۷۴
۱۱-۲ راه اندازی واحد	۷۶
۱-۱۱-۲ مرحله‌ی اول: تکمیل و پر کردن مدار اول و آزمایش هیدرولیک آن	۷۶
۲-۱۱-۲ مرحله‌ی دوم: گرم کردن مدار	۷۸
۳-۱۱-۲ مرحله‌ی سوم: آزمایش هیدرولیک مدار اول	۸۰
۴-۱۱-۲ مرحله‌ی چهارم: گرم کردن مدار اول	۸۲
۵-۱۱-۲ مرحله‌ی پنجم: بحرانی کردن رآکتور	۸۴
۶-۱۱-۲ مرحله‌ی ششم: افزایش توان مجموعه‌ی رآکتور تا مقدار نامی	۹۰
۱۲-۲ چگونگی بهره‌برداری از مجموعه‌ی رآکتور در حالت توان نامی	۹۴
۱۳-۲ بهره‌برداری از مجموعه رآکتور هنگام کاهش یا افزایش توان	۹۶
۱-۱۳-۲ افزایش توان	۹۷
۲-۱۳-۲ کاهش توان واحد تا سطح متناسب با تعداد پمپ‌های مدار اول	۹۸
۳-۱۳-۲ چگونگی ورود پمپ اصلی به مدار	۹۹
۱۴-۲ توقف برنامه‌ریزی‌شده‌ی نیروگاه	۱۰۱
۱-۱۴-۲ مرحله‌ی اول وضعیت اولیه مجموعه‌ی رآکتور قبل از توقف	۱۰۱
۲-۱۴-۲ مرحله‌ی دوم کاهش توان مجموعه رآکتور	۱۰۲
۳-۱۴-۲ مرحله‌ی سوم زیر بحرانی کردن رآکتور	۱۰۳
۴-۱۴-۲ مرحله‌ی چهارم خنک‌سازی به کمک شیرآلات کنارگذر (باپس) توربین	۱۰۴
۵-۱۴-۲ مرحله‌ی پنجم: خنک‌سازی مدار اول به وسیله‌ی سیستم	۱۰۶
۱۵-۲ تبدیل وضعیت مجموعه‌ی رآکتور از حالت توقف سرد به	۱۰۷
۱۶-۲ تبدیل وضعیت مجموعه‌ی رآکتور به وضعیت توقف	۱۰۸
۱۷-۲ تبدیل وضعیت مجموعه‌ی رآکتور به وضعیت تعویض	۱۰۸

فصل سوم

سوخت‌گذاری و کنترل شار نوترون در اولین سوخت‌گذاری رآکتور

- ۱-۳ چشمه‌ی نوترونی در اولین سوخت‌گذاری رآکتور WWER-۱۰۰۰ ۱۰۹
- ۲-۳ دستگاه‌های اندازه‌گیری شار نوترون هنگام سوخت‌گذاری اولیه رآکتور هسته‌ای ۱۱۲
- ۳-۳ مراحل سوخت‌گذاری در رآکتور WWER-۱۰۰۰ ۱۱۵
- ۴-۳ کنترل شار نوترون ۱۱۶
- ۵-۳ ویژگی سوخت‌گذاری و کنترل شار نوترون در رآکتور WWER-۱۰۰۰ ۱۲۰

فصل چهارم

گردش طبیعی سیال خنک‌کننده در رآکتور هسته‌ای WWER-۱۰۰۰

- ۱-۴ گردش طبیعی سیال خنک‌کننده رآکتور هسته‌ای ۱۲۵
- ۱-۱-۴ گردش طبیعی سیال خنک‌کننده ۱۲۶
- ۲-۴ مدار هیدرولیک نیروگاه اتمی با رآکتور WWER-۱۰۰۰ ۱۳۰
- ۳-۴ معیارهای آسیب‌دیدگی سوخت هسته‌ای و انرژی باقی‌مانده در رآکتور ۱۳۳
- ۴-۴ مولد بخار افقی در شرایط گردش طبیعی سیال خنک‌کننده ۱۳۴
- ۱-۴-۴ چگونگی توزیع دبی سیال خنک‌کننده از میان لوله‌های مولد بخار ۱۳۵
- ۵-۴ پژوهش‌های تکمیلی ترموهیدرودینامیک مولد بخار در گردش طبیعی سیال ۱۳۸
- ۱-۵-۴ شرایط توزیع دبی سیال در لوله‌های مولد بخار PGV-۱۵۰۰ در حالت ۱۳۹

فصل پنجم

مقایسه‌ی نسل سوم رآکتور روسی مدل ۷-۴۴۶ با مدل قدیمی و ۷-۳۲۰ (نسل دوم)

- ۱-۵ مقایسه‌ی نسل سوم رآکتور روسی مدل ۷-۴۴۶ با مدل قدیمی و ۷-۳۲۰ (نسل دوم) ۱۴۵
- ۲-۵ مقایسه‌ی تجهیزات طرح رآکتور مدل ۷-۳۲۰ (نسل دوم) با واحدهای جدید V ۱۴۶
- ۳-۵ تفاوت‌های ساختاری بخش‌های مختلف رآکتور نسل جدید و ۷-۳۲۰ ۱۵۰
- ۱-۳-۵ تفاوت واحد بالایی رآکتور جدید با ۷-۳۲۰ ۱۵۳
- ۴-۵ تفاوت‌های محرک‌های سیستم کنترل و حفاظت رآکتور جدید با ۷-۳۲۰ ۱۵۳
- ۵-۵ تفاوت مجتمع‌های سوخت رآکتور ۷-۳۲۰ با مجتمع‌های طرح جدید ۱۵۴
- ۱-۵-۵ تفاوت مجتمع میله‌های جاذب سیستم کنترل و حفاظت رآکتور (CPS AR) ۱۵۶
- ۶-۵ مولد بخار ۱۵۸
- ۷-۵ پمپ اصلی مدار اول مدل RCP-۱۳۹۱ ۱۶۰
- ۸-۵ نشت قبل از شکستگی ۱۶۲
- ۹-۵ بهینه‌سازی انجام‌شده در نیروگاه هسته‌ای دارای مجموعه رآکتور ۷-۴۴۶ ۱۶۳

پیوست‌ها

- پیوست ۱ ۱۶۹