محطات الإعذاب النوويّة
تحليل نظمها ومعوليتها

د. إبراهيم إسماعيل كتبي
أستاذ الهندسة النووية المشارك
كلية الهندسة - جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص.ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١
المملكة العربية السعودية

© ١٤١٠هـ (١٩٩٠م) جامعة الملك عبد العزيز

جميع حقوق الطبع محفوظة . غير مسموح بطبع أى جزء من أجزاء هذا الكتاب ، أو خزنه في أى نظام لخزن المعلومات واسترجاعها ، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة ، سواء كانت إلكترونية ، أو شرائط ممغنطة ، أو ميكانيكية ، أو استنساخاً ، أو تسجيلاً ، أو غيرها إلا بإذن كتابي من صاحب حق الطبع

الطبعة الأولى ١٤١٠هـ (١٩٩٠م)

جامعة الملك عبد العزيز - عمادة شؤون المكتبات
بيان الفهرسة أثناء النشر

كتبى ، ابراهيم اسماعيل .
محطات الإعذاب النووية : تحليل نظمها ومعوليتها / ابراهيم اسماعيل كتبى .- ط ١.- جدة : جامعة الملك عبد العزيز ، مركز النشر العلمى ، ١٤١٠هـ .
١٩٢ ص : ٢٤ سم .

١. محطات الإعذاب النووية . ٢. مياه البحر ، ازالة الملوحة . أ. العنوان .

٦٢٨,١٦٧٢٣

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

تقديم

تم بحمد الله وتوفيقه الانتهاء من تأليف كتاب « محطات الإعذاب النووية : تحليل نظمها ومعوليتها » . ومع أولى بشائر ثمار الطبعة الأولى ، فإنه يسرنى أن أضع هذا الكتاب فى متناول طلبة الهندسة النووية ، وكافة المعنيين بالبحث والاستقصاء ، آملا أن يقدم هذا الكتاب بعض المقاصد التعليمية التى نسعى إلى تحقيقها وتذليل ما أمكن تذليله من الصعاب التى تواجهها ، وتوفير المناخ العلمى المناسب لإثرائها .

ولعل هذا الكتاب يمثل إضافة مفيدة إلى المكتبة العربية ، يعكس حصيلة ما تعلمه المؤلف من تجارب وأبحاث تحمل بين دفتيها الأفكار العلمية الجديدة والنظريات الحديثة فى هذا المجال . ويعالج هذا الكتاب – علاوة على الجانب النظرى – بعض مشاكل محطات الإعذاب عموما باستخدام أحدث الأساليب العلمية المتقدمة فى هذا المجال .

ويسرنى فى هذا المقام أن أتقدم ببالغ الشكر والتقدير لجميع الإخوة الذين أسهموا فى إخراج هذا العمل إلى حيز الوجود . كما أقدم جزيل شكرى ووافر تقديرى لسعادة عمداء كلية الهندسة د . محمد نور ياسين فطانى وسعادة د . فؤاد محمد غزالى ، وكذلك مدير التعريب التقنى سعادة د . سليمان الطيب الذين يتابعون تنفيذ هذا العمل بحرص وتفانٍ وتشجيع .

والله الموفق ،،،

المؤلـــف

المحتويات

صفحة

تقديم ..... هـ

مقدمة ١

الفصل الأول : ملامح أساسية فى نظرية المعولية وشجرة الأعطال ٥

(١,١) سلوك الإنسان ٥

(١,٢) الآلات ٦

(١,٣) المعولية فى الهندسة ٦

(١,٤) المعولية الإحصائية ٧

(١,٥) أجهزة تبديلية ٧

(١,٦) المعولية فى مجال الزمن ٩

(١,٧) دوال توزيع المعولية ٩

(١,٨) أنواع الأعطال ١٢

(١,٩) المتاحية ١٣

(١,١٠) المعتمدية ١٥

(١,١١) تحليل شجرة الأعطال ١٦

الفصل الثانى : اختيار أنظمة محطات الإعذاب النووية ٢١

(٢,١) عمليات الإعذاب ٢١

(٢,٢) تحليل بيانات التشغيل فى محطات الإعذاب الحالية ٢٣

(٢,٣) مراجعة مفاهيم الإعذاب النووية ٢٧

(٢,٤) أداة ربط المحطة النووية ومحطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٣٠

(٢,٥) مقارنة بين محطات الإعذاب النووية ذوات الغرض المزدوج والمنفرد ٣٣

الفصل الثالث : محطات الإعذاب بمدينة جدة ٣٥

(٣,١) مقدمة ٣٥

(٣,٢) محطات الإعذاب ذات الغرض المزدوج ٣٦

(٣,٣) تشغيل محطات التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٤١
(٣,٤) محطة التناضح العكسى ٤٤
(٣,٥) تشغيل محطة التناضح العكسى ٤٦
(٣,٦) توقف الإنتاج أو قلته فى محطات الإعذاب ٤٨

الفصل الرابع : تحليل بيانات تشغيل محطات التبخير المفاجىء المتعدد المراحل وتضمين محطات الإعذاب النووية ٥١
(٤,١) تصنيف أوجه الأعطال والأنظمة المباشرة ٥١
(٤,٢) حساب معدلات الأعطال فى محطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٧٦

الفصل الخامس : توصيات بشأن تحسين محطات التبخير المفاجىء المتعدد المراحل للعمل مع المحطات النووية ٨٧
(٥,١) نظام مدخل مياه البحر ٨٨
(٥,٢) مواد البناء ٨٨
(٥,٣) أنابيب المبخر والألواح ٨٩
(٥,٤) تحسينات التصميم والكفاية ٨٩

الفصل السادس : شجرة الأعطال لمحطات التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٩٣
(٦,١) فكرة شجرة الأعطال ٩٣
(٦,٢) افتراضات أولية ٩٦
(٦,٣) نتائج تحليل حدود الأنظمة المشتركة ٩٦
(٦,٤) اختبار مبدئى للأخطاء المتوقعة ٩٧
(٦,٥) التحليل الكمى لشجرة الأعطال ٩٧
(٦,٦) شجرة الأعطال لتحليل نظام مدخل مياه البحر ٩٨
(٦,٧) شجرة الأعطال لتحليل نظام تعويض المياه ١١١
(٦,٨) شجرة الأعطال لتحليل نظام إعادة دورة المحلول الملح ١١٧
(٦,٩) النتائج الكلية لمحطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل (جدة ١) ١٢٤

الفصل السابع : تحليل مدى معولية محطة التناضح العكسى ١٣١
(٧,١) مقدمة ١٣١
(٧,٢) وصف المحطة ١٣١
(٧,٣) خبرات التشغيل ١٣٣
(٧,٤) نظام مدخل مياه البحر ١٣٤

(٧,٥) أداء نظام مدخل مياه البحر ١٣٦
(٧,٦) شجرة أعطال نظام مدخل مياه البحر ١٣٦
(٧,٧) النتائج ١٤٠
(٧,٨) نظام التناضح العكسى ١٤٠
(٧,٩) أداء نظام التناضح العكسى ١٤٣
(٧,١٠) التحليل باستخدام شجرة أعطال نظام التناضح العكسى ١٤٣
(٧,١١) النتائج ١٤٩
(٧,١٢) الاعتماد الكلى على المحطة ١٤٩
(٧,١٣) الاستنتاجات والتوصيات ١٦٤

الفصل الثامن : تضمين محطات الإعذاب النووية ١٦٥
(٨,١) ملامح فنية ١٦٦
(٨,٢) سلامة أنظمة الإعذاب النووية ١٦٧
(٨,٣) ملامح التشغيل ١٦٩
(٨,٤) تجميع محطة نووية مع محطات إعذاب ذات تبخير مفاجئ متعدد المراحل وتناضح عكسى ١٧١
(٨,٥) المتاحية الكلية لمحطات الإعذاب النووية ١٧٢

الفصل التاسع : خاتمة ١٧٥
المراجع ١٧٧
ثبت المصطلحات ١٨٣
■ عربى – إنجليزى ١٨٥
■ إنجليزى – عربى ١٩٢

قائمة الجداول

صفحة

جدول (١,١) صفات التوزيع العام للمتغير "X" لمتغير مستجد عشوائى "X" ١٠
جدول (٢,١) أنواع المفاعلات وخصائصها ٣٠
جدول (٣,١) محطات الطاقة والإعذاب العاملة فى مدينة جدة ٣٥
جدول (٤,١) أعطال الأجزاء الرئيسة لمحطة جدة – ١ فى الفترة من يناير ١٩٧٢ حتى مايو ١٩٨٠ م ٥٥
جدول (٤,٢) أثر أعطال الأجزاء الرئيسة على الأنظمة فى الفترة ١٩٧٢ – ١٩٨٠ لمحطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل (جدة – ١) ٥٦
جدول (٤,٣) عدد الأجزاء الرئيسة التى عطلت وأدت إلى أعطال الأنظمة فى محطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل (جدة – ١) ٥٧
جدول (٤,٤) تأثير عطل الأجزاء الرئيسة فى كل نظام ٥٧
جدول (٤,٥) وقت التوقف الكلى لكل نظام بسبب أعطال الأجزاء الرئيسة ٥٨
جدول (٤,٦) أعطال الأجزاء الرئيسة ووقت توقفها الكلى لكل نظام ٥٨
جدول (٤,٧) عدد ساعات التوقف فى السنة والأسباب التى أدت إلى ذلك فى محطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل (جدة – ١) ٥٩
جدول (٤,٨) مواد الصنع ٦١
جدول (٤,٩) مواد صنع المضخات التى تعمل بالطرد المركزى ٦٣
جدول (٤,١٠) مناطق المشاكل الهامة ٦٤
جدول (٤,١١) الأجزاء الحرجة فى كل نظام وعدد الأعطال ٦٥
جدول (٤,١٢) ملخص لبيانات تشغيل نظام مدخل مياه البحر ٦٥
جدول (٤,١٣) أعطال الأجزاء الرئيسة فى نظام تعويض المياه وزمن الأعطال ٦٦
جدول (٤,١٤) أعطال الأجزاء الرئيسة فى نظام إعادة دورة المحلول الملح وزمن العطل ٦٧
جدول (٤,١٥) مستويات الأداء المطلوبة وتأثيرها فى الأنظمة المختلفة ٦٨
جدول (٤,١٦) مستويات أداء وحدات الإعذاب ٦٩
جدول (٤,١٧) أسباب الانحراف عن مستوى الأداء المطلوب ٧٠

جدول (٤,١٨) تأثير عطل النظام على أداء المحطة ٧١
جدول (٤,١٩) مستويات الأداء لمحطة التبخير المفاجيء المتعدد المراحل ٧٤
جدول (٤,٢٠) معدلات الأعطال فى نظام مدخل مياه البحر لمحطة التبخير المفاجيء المتعدد المراحل ٧٧
جدول (٤,٢١) تحليل أنواع الأعطال وتأثيرها فى نظام مدخل مياه البحر ٧٨
جدول (٤,٢٢) معدلات الأعطال فى نظام تعويض المياه ٧٩
جدول (٤,٢٣) تحليل أنواع الأعطال وتأثيرها فى نظام تعويض المياه ٨٠
جدول (٤,٢٤) معدلات الأعطال فى نظام إعادة دورة المحلول الملح ٨١
جدول (٤,٢٥) تحليل أنواع الأعطال وتأثيرها فى نظام إعادة دورة المحلول الملح ٨٢
جدول (٤,٢٦) معدلات الأعطال فى أنظمة محطة الإعذاب ٨٣
جدول (٤,٢٧) تحليل المياه فى محطة جدة – ١ ..... ٨٤
جدول (٤,٢٨) معدلات الصدأ محسوبة بالمليمتر / سنة على الصلب الكربونى فى مياه البحر (معدل انسياب ١١٢ سم / ث) ٨٤
جدول (٤,٢٩) معدلات الصدأ محسوبة بالمليمتر / سنة على الصلب الكربونى فى مياه البحر (معدل انسياب ١٥٣ سم / ث) ٨٥
جدول (٤,٣٠) معدلات الصدأ محسوبة بالمليمتر / سنة على الصلب الكربونى فى مياه البحر (معدل انسياب ٢١٣ سم / ث) ٨٥
جدول (٦,١) الرموز الكودية لحوادث الأعطال ٩٤
جدول (٦,٢) خصائص أنظمة التبخير المفاجيء المتعدد المراحل من نتائج برنامج كيت ... ١٢٤
جدول (٦,٣) خصائص العوامل المؤثرة فى عدم متاحية محطة التبخير المفاجيء المتعدد المراحل من نتائج برنامج كيت ١٢٤
جدول (٧,١) معدلات الأعطال فى نظام مدخل مياه البحر لمحطة التناضح العكسى ١٣٦
جدول (٧,٢) رموز حوادث الأعطال بمحطة التناضح العكسى ١٣٩
جدول (٧,٣) عدم المعولية وعدم المتاحية لنظام مدخل مياه البحر ١٤٠
جدول (٧,٤) معدلات الأعطال فى نظام التناضح العكسى ١٤٥
جدول (٧,٥) عدم المعولية وعدم المتاحية لنظام التناضح العكسى ١٤٩
جدول (٧,٦) الوحدات المطلوبة لعمل المحطة ١٤٩
جدول (٧,٧) بيانات عدم معولية وعدم متاحية محطة التناضح العكسى ١٦٤
جدول (٨,١) مقارنة بين نظام البخار النووى ومحطات الإعذاب المتعدد التبخير المفاجيء والتناضح العكسى ١٧٠
جدول (٨,٢) معامل متاحية محطات الإعذاب النووية ١٧٢

قائمة الأشكال

صفحة

شكل (١,١) عينة لنظام ١٩
شكل (١,٢) شجرة الأعطال للنظام العينة ٢٠
شكل (٢,١) رسم تخطيطى لسريان المياه فى محطة ذات غرض مزدوج تستخدم دورة الضغط الخلفى ٣١
شكل (٢,٢) رسم تخطيطى لسريان المياه فى محطة ذات غرض مزدوج تستخدم دورة التكثيف المستنزف ٣٢
شكل (٢,٣) محطة ذات غرض مزدوج تستخدم نوعين مختلفين من طرق الإعذاب ٣٣
شكل (٣,١) تنظيم محطة إعذاب التبخير المفاجىء المتعدد المراحل (جدة – ١) ٣٦
شكل (٣,٢) رسم تخطيطى لسريان المياه فى محطة جدة – ١ (٢,٥ مليون جالون / يوم) ٣٨
شكل (٣,٣ ، ٣,٤) أوعية محطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٤٣
شكل (٣,٥) رسم تخطيطى مبسط لمحطة التناضح العكسى ٤٥
شكل (٤,١) تداخلات أنظمة محطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٧٣
شكل (٦,١) تحليل الرموز الكودية المستخدمة فى حوادث الأعطال ٩٤
شكل (٦,٢) شجرة الأعطال لمحطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ٩٥
شكل (٦,٣ : أ – ل) شجرة أعطال نظام مدخل مياه البحر ٩٨
شكل (٦,٤) انسياب المياه فى نظام مدخل مياه البحر ١١٠
شكل (٦,٥ : أ – هـ)شجرة أعطال نظام تعويض المياه ١١٢
شكل (٦,٦) سريان المياه فى نظام تعويض المياه بمحطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ١١٧
شكل (٦,٧ أ – هـ) شجرة أعطال نظام إعادة دورة المحلول الملحى ١١٨
شكل (٦,٨) سريان المياه فى نظام إعادة دورة المحلول الملح لمحطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ١٢٣
شكل (٦,٩) الصفات المميزة لعدم متاحية نظام مدخل مياه البحر ١٢٥
شكل (٦,١٠) الصفات المميزة لعدم متاحية نظام تعويض المياه ١٢٦
شكل (٦,١١) الصفات المميزة لعدم متاحية نظام إعادة دورة مياه البحر ١٢٦
شكل (٦,١٢) الصفات المميزة لعدم متاحية محطة التبخير المفاجىء المتعدد المراحل ١٢٧

شكل (٦,١٣) احتمال عطل نظام مدخل مياه البحر عند زمن « ت » ١٢٧
شكل (٦,١٤) احتمال عطل نظام تعويض المياه عند زمن « ت » ١٢٨
شكل (٦,١٥) احتمال عطل نظام إعادة دورة مياه البحر عند زمن « ت » ١٢٨
شكل (٦,١٦) احتمال عطل محطة التبخير المفاجىء ١٢٩
شكل (٧,١) رسم صندوق لأربعة أنظمة رئيسة ١٣٢
شكل (٧,٢) سريان المياه فى نظام مدخل مياه البحر ١٣٥
شكل (٧,٣ : أ ، ب) شجرة أعطال نظام مدخل مياه البحر ١٣٧
شكل (٧,٤) تحليل الرمز الكودى المستخدم لحوادث الأعطال ١٣٩
شكل (٧,٥) الصفات المميزة لعدم متاحية نظام مدخل مياه البحر ١٤١
شكل (٧,٦) احتمال عطل نظام مدخل مياه البحر عند زمن « ت » ١٤٢
شكل (٧,٧) رسم تخطيطى لسريان المياه فى نظام التناضح العكسى ١٤٤
شكل (٧,٨ : أ – ج) أعطال المرحلة الأولى من وحدة التناضح العكسى ١٤٦
شكل (٧,٩) شجرة أعطال محطة التناضح العكسى (مرحلة ١) ١٥٠
شكل (٧,١٠) شجرة أعطال محطة التناضح العكسى (مرحلة ٢) ١٥١
شكل (٧,١١) شجرة أعطال محطة التناضح العكسى (مرحلة ٣) ١٥٢
شكل (٧,١٢) شجرة أعطال محطة التناضح العكسى (مرحلة ٤) ١٥٣
شكل (٧,١٣) الصفات المميزة لعدم متاحية وحدة التناضح العكسى ١٥٤
شكل (٧,١٤) الصفات المميزة لعدم متاحية محطة التناضح العكسى (حالة ١) ١٥٥
شكل (٧,١٥) الصفات المميزة لعدم متاحية محطة التناضح العكسى (حالة ٢) ١٥٦
شكل (٧,١٦) الصفات المميزة لعدم متاحية محطة التناضح العكسى (حالة ٣) ١٥٧
شكل (٧,١٧) الصفات المميزة لعدم متاحية محطة التناضح العكسى (حالة ٤) ١٥٨
شكل (٧,١٨) احتمال عطل وحدة التناضح العكسى عند زمن « ت » ١٥٩
شكل (٧,١٩) احتمال عطل محطة التناضح العكسى عند زمن « ت » (حالة ١) ١٦٠
شكل (٧,٢٠) احتمال عطل محطة التناضح العكسى عند زمن « ت » (حالة ٢) ١٦١
شكل (٧,٢١) احتمال عطل محطة التناضح العكسى عند زمن « ت » (حالة ٣) ١٦٢
شكل (٧,٢٢) احتمال عطل محطة التناضح العكسى عند زمن « ت » (حالة ٤) ١٦٣
شكل (٨,١) محطات إعذاب نووية – تبخير مفاجىء متعدد المراحل – تناضح عكسى ١٧١
شكل (٨,٢) القيم المختلفة لمتاحية أداة الربط ١٧٣
شكل (٨,٣) رسم صندوق لمعولية محطات الإعذاب النووية ١٧٤