مولدات التيار المتناوب:
التصميم والتطبيق

تأليف

روبرت ل. إيمز

ترجمة وإعداد

الدكتور محمد عبد الرحيم محمد بدر

أستاذ هندسة القوى والآلات الكهربائية

كلية الهندسة - جامعة عين شمس

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢١هـ (٢٠٠٠م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لـ

This Arabic Translation of
"A. C. Generators: Design and Application" Research Studies Press LTD, 1990. By: Robert L. Ames.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

إيمز، روبرت. ل

مولدات التيار المتناوب: التصميم والتطبيق/ ترجمة محمد عبدالرحيم محمد بدر - الرياض.

٣٠٠ ص؛ ١٧ × ٢٤سم

ردمك ٩-٨٧-٣٧-٩٩٦٠

١- المحركات الكهربائية (مترجم) أ - بدر، محمد عبد الرحيم محمد ب - العنوان

ديوي ٩٣١٩٢، ٦٢١ ٢١/٠٠١٥

رقم الإيداع: ٢١/٠٠١٥

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه الثامن عشر للعام الدراسي ١٤١٨/ ١٤١٩هـ، المعقود في تاريخ ١٤١٩/١/٢٨هـ الموافق ١٩٩٨/٥/٢٤م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢١هـ

مقدمة الناشر

إن سلسلة الماكينات الكهربائية قد صممت لتقدم كتبًا ذات فائدة فورية للمهندسين الممارسين والعاملين في مجال الأبحاث.

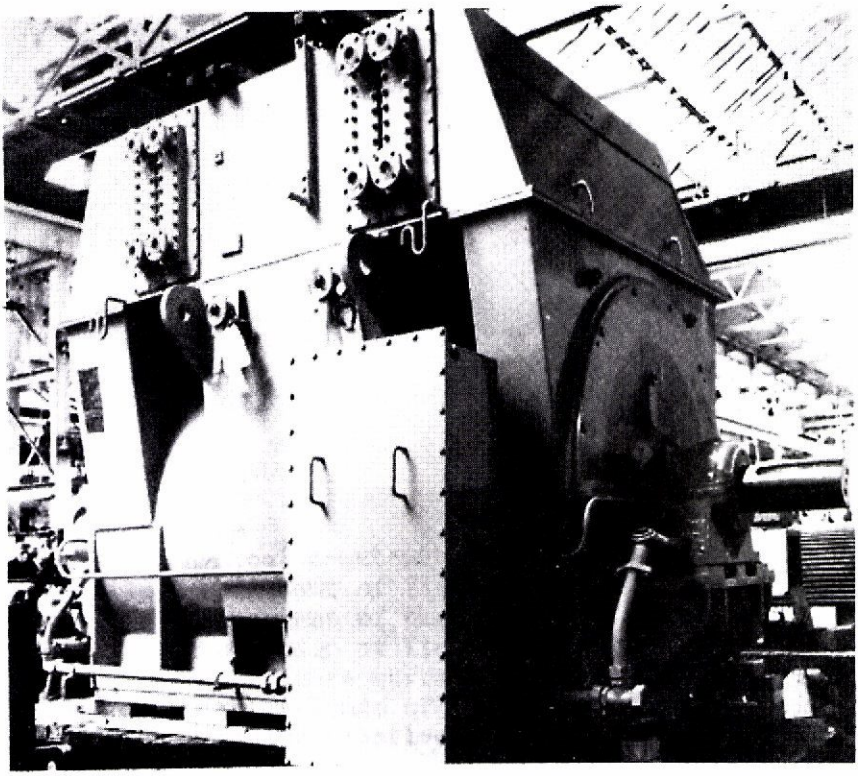
مؤلف هذا الكتاب له من الخبرة نحو أربعين سنة في تصميم نظم القدرة الخاصة بالسفن والمنصات العائمة. وقد أودع في هذا الكتاب الثروة الهائلة من المعرفة التي اكتنزها عبر السنين في مجال تصميم الآلات ؛ فجاء وصفًا عمليًا سليمًا لتصميمات مولدات التيار المتناوب وتطبيقاتها، وقد تجنب، بقدر ما يستطيع، الاستخدام المطول للمعادلات وركز على مبادئ التصميم الهندسية اللازمة لبناء مولدات التيار المتناوب واستخدامها، كذلك قدم قائمة بالمراجع مرشدًا لهذا الموضوع الشيق.

هذا الكتاب هو - بلا شك - مرشد قيم للمهندسين المهتمين بتوصيف نظم القدرة وتصميمها واستخدامها وخاصة في مجالات الطاقة والعمليات الصناعية.

مقدمة المؤلف

لقد حاولت في هذا الكتاب أن أقدم معايير مفيدة لتصميم المولدات التزامنية في شكل عملي ملائم للمبتدئ سواء أكان طالبا أم مصمما للماكينات التجارية، وقد حاولت أن أستعيد المشكلات التي قابلتني عندما اشتغلت أول مرة في مجال تصميم الماكينات، وقد كانت نوعين : الأول يتمثل في التوصل إلى طرق حسابية يمكن الاعتماد عليها في الحصول على قيم الثوابت المختلفة، والثاني هو تحديد الخواص ذات الأولوية وتلك التي يمكن التضحية بها لإنتاج ماكينة تجارية مرضية ؛ لأنه من المعلوم أن عملية التصميم هي في الواقع عملية موازنة بين متطلبات كثيرة متعارضة.

وقد افترضت أن القارئ - ملم إلى حد ما - بالنظريات الأساسية في الكهرومغناطيسية وكذلك بالطرق القياسية في تركيب الماكينات وملفاتها ونظم عزلها وما إلى ذلك، كذلك تجنبت تقديم صيغ رياضية إلا في حالات خاصة قليلة ؛ فهناك وفرة في الكتب المساعدة في هذا المجال كما يتبين من قائمة المراجع الموجودة في نهاية الكتاب، وهذه القائمة تشمل المراجع التي وجدت أنها مفيدة خلال السنوات الكثيرة الماضية. وهناك، بالطبع، العديد من المقالات والكتب التي يمكن إضافتها إلى قائمة المراجع إذ إن عدم وجود أي منها في هذه القائمة لا يعني أبدًا أنها غير مفيدة . ولاشك أن من أفيد السبل للتوصل إلى مقالات تختص بتصميم المولدات التزامنية الرجوع إلى مسرد معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات الذي ينشر سنويًا.



الصـــورة رقم (١). مولد بحري يدار بتوربين غازي، ٣.٨٧ ميجا فلط أمبير ، ٦.٦٠٠ فلـط ، ٦٠ هرتزًا، ١٨٠٠ دورة/ دقيقة. الغلاف دائرة هوائية مغلقة مبردة بالماء. وهي مزدوجـة النهاية. ينسـاب الـهواء إلى الخارج من منتصف الإطار من خـلال مـبردين منفصلـين في القمـة ويعـود إلى الماكينـة مـن النهايتين. يمكن رؤية توصيلات الماء إلى المبردين أعلى الماكينة بينما يرى تسرب الماء "رقبات البجع" أسفل المبردات ، تجهز الدائرة الهوائية بأبواب سريعة التشغيل لتمكن المولد من العمل كماكينة ذات دائرة تهوية مغلقة في حالة حدوث عطب للمبرد أو لمصدر المياه ، ويمكن رؤية أحد الأبواب ومقبضيه أعلى اليمين وهناك آخر مماثل غير ظاهر بالشكل. يوجد باب خروج الهواء يوجد على القمة ويشغل بواسطة اليد المبينة بين المبردين. كراسي المحور من النوع ذي الجلبة وهي ذات تبريد مائي. وهناك ترمومتران للدائرة الهوائية مبينان في المنتصف بالقرب من عروات الرفع. ويمكن رؤية صندوق أطراف كابلات الـ ٦.٦ كيلو فلط في الواجهة .

مقدمة المترجم

يشهد التاريخ أن الأمة العربية قد قامت في العصور الوسطى بدور المحافظ على تراث الحضارة الإنسانية والحامل لمشعلها والقائم على تطبيقها في فروع العلم والمعرفة كافة، حينما كانت أوروبا تمر بأحلك عصورها وتتعرض لانهيار تام في شتى مناحي الحياة. حينئذ، انبرى العلماء المسلمون عامة والعرب خاصة ليرفعوا مشعل الحضارة ويواصلوا المسيرة به عبر حواجز الزمان والمكان مقدمين بذلك خدمة جليلة لبني البشر. ولا تخلو الدراسات الحديثة في العلوم والآداب كافة من ذكر لأسماء تتلألأ بحروف من نور مثل أبي بكر الرازي وابن سينا وجابر بن حيان والخوارزمي وابن رشد وغيرهم ممن كان لهم السبق في هذا المضمار.

ولقد أدت الترجمة دورًا مهمًا في تحقيق ذلك؛ إذ انكب أمثال هؤلاء العلماء على ترجمة التراث الإنساني برمته من لغاته التي ازدهر بها كاليونانية واللاتينية إلى لغتنا العربية الأصلية... ومرت قرون تبدل الحال فيها وتعرضت الأمة العربية خلالها لهزات سياسية عنيفة وهجمات استعمارية شرسة جعلتها تتخلف عن ركب الحضارة وسرت مقولة خبيثة تفت في عضد أبناء المتحدثين بلغة الضاد مؤدها أن اللغة العربية غير قادرة على مسايرة التطور العلمي الهائل والسريع. واستمرأ الكثيرون ذلك وأشاعوه تكريسًا لعجزهم هم لا عجز لغة القرآن الكريم التي هي أغنى لغات الأرض قاطبة وأكثرها قدرة على التعبير الدقيق عن كل حدث ومعلومة. واستنادًا إلى ذلك، قررت الحكومات العربية المختلفة أن يتم تدريس العلوم في الجامعات والمعاهد كافة

باللغة الإنجليزية وانتشرت في أرجاء الوطن العربي المدارس الأجنبية بمختلف أنواعها وبدأت مرحلة من الاستعمار الفكري واللغوي.

واستشعارًا بالخطر، وإيمانًا بأن أي أمة لا يمكن أن تنهض وأبناؤها يدرسون بلغة غير لغتهم الأم؛ انبرى الكثيرون فرادى وجماعات في محاولة جادة لدحض هذه المقولة من خلال تعريب العلوم كافة. كما فعل أجدادهم إبان العصور الوسطى. وما زالت جهودهم المشكورة في هذا المجال في حاجة ماسة لتعضيدها. ومترجم هذا الكتاب من أشد المتحمسين لفكرة تعريب العلوم والآداب، ومن المؤمنين بالحاجة الماسة لتضافر الجهود لترجمة كل ما هو متاح من كتب ومراجع.

وقد نبتت فكرة ترجمة هذا الكتاب من إيمان المترجم العميق بالواجب الملقى على عاتق كل المتخصصين نحو تحقيق هذا الهدف.

وقد ظهرت خلال السنوات الأخيرة بعض الكتب المترجمة والمؤلفة في مجال الماكينات الكهربائية بعامة ومولدات التيار المتناوب بخاصة لما لهذه المولدات من أهمية بالغة؛ إذ تمثل أهم مكونات نظم الطاقة الكهربيائية التي أدت - وما تزال - الدور الأهم في المساعدة على تحقيق التطور العلمي والتقني (التكنولوجي) والاجتماعي لبني البشر. وتغطي هذه الكتب - إلى حد ما - احتياجات طلاب مرحلة البكالوريوس وما دونها. ولكن ظلت هناك حاجة ماسة لكتاب يجمع بين الخبرة العملية والنظريات الأساسية لتصميم هذه المولدات وتشغيلها ووقايتها وكذلك التحكم فيها. وقد وجد المترجم ضالته في الكتاب الذي بين أيديكم والذي يرجو أن يكون ذا فائدة للمهندسين العاملين في مجال هندسة القدرة الكهربائية وكذلك طلاب المراحل الجامعية المختلفة.

والله من وراء القصد والله ولي التوفيق.

المحتويات

الصفحة

مقدمة الناشر ..... هـ

مقدمة المؤلف ..... ز

مقدمة المترجم ..... ك

الفصل الأول: عـــام ١

١,١ المجال ١

١,٢ التركيب الفيزيائي ١

١,٣ ترتيب لفيفة المجال ٣

١,٤ ترتيب عضو الإنتاج ٥

١,٥ تعامل المجال مع تيارات عضو الإنتاج ٦

١,٦ فرق جهد خرج المولد بالنسبة لحجمه ٧

١,٧ الأجزاء الميكانيكية ٩

الفصل الثاني: اعتبارات ميكانيكية ١١

٢,١ عام ١١

٢,٢ الملاءمة للمحرك الأولي ١١

٢,٣ الملاءمة للواجب الكهربائي ١٥

٢,٤ الملاءمة للموضع / للموقع ١٥
٢,٥ عزل كراسي التحميل..... ١٩

الفصل الثالث: خطوات التصميم ٢٣
٣,١ عام ٢٣
٣,٢ التحميل المغناطيسي ٢٤
٣,٣ التحميل الكهربائي..... ٢٥
٣,٤ حسابات ٢٦
٣,٥ المراجعة الحرارية ٢٩
٣,٦ متطلبات الإثارة..... ٣٠
٣,٧ تصميم المثير..... ٣١

الفصل الرابع: اللفائف ٣٣
٤,١ لفيفة الأولي..... ٣٣
٤,٢ أنواع اللفائف ٣٤
٤,٣ تأثير اللفيفة علي الأداء ٣٨
٤,٤ العزل ٣٨
٤,٥ لفيفة الثانوي أو لفيفة المجال..... ٤١
٤,٦ لفيفة الإخماد ٤٥
٤,٧ وظائف لفيفة الإخماد ٤٦
٤,٨ عام ٥٠

الفصل الخامس: الشكل الموجي ٥٣

٥,١ عام ٥٣

٥,٢ الطرق المستخدمة للحصول على شكل موجي جيد..... ٥٤

٥,٣ تأثير الحمل على الشكل الموجي ٦١

الفصل السادس: المفاعلات والأخطاء والأداء العابر ٦٧

٦,١ عام ٦٧

٦,٢ مفاعلة الأولي التسربية X_l ٦٩

٦,٣ مفاعلة عضو الإنتاج X_a ٧٥

٦,٤ المفاعلة التزامنية X_s ٧٦

٦,٥ المفاعلات العابرة وتحت العابرة..... ٨٠

٦,٦ مفاعلة التعاقب السالب X_2..... ٨٧

٦,٧ مفاعلة التعاقب الصفري Xo ٨٧

٦,٨ ثوابت الزمن ٨٨

٦,٩ التيارات والعزوم بسبب أخطاء قصر الدائرة ٨٩

٦,١٠ زوايا الحمل ٩٨

٦,١١ هبوط فرق الجهد عند توصيل حمل..... ١٠٢

الفصل السابع: الفقود والتبريد..... ١٠٥

٧,١ عام ١٠٥

٧,٢ فقود الماكينة ١٠٦

الفصل الثامن: التشغيل على التوازي ١٢٣
٨,١ عام ١٢٣
٨,٢ مولد على التوازي مع شبكة لانهائية ١٢٤
٨,٣ مولدان على التوازي ١٢٦
٨,٤ مزامنة المولدات ١٣٢
٨,٥ توصيل نقط التعادل وتأريضها ١٣٧

الفصل التاسع: الإثارة والمنظمات الأوتوماتيكية (الآلية) ١٣٩
٩,١ عام ١٣٩
٩,٢ مولد تيار مباشر مستخدم كمثير ١٤٠
٩,٣ الإثارة الساكنة ١٤٢
٩,٤ الإثارة عديمة الفرش ١٤٥
٩,٥ إثارة المولدات متغيرة السرعة ١٤٧
٩,٦ منظمات فرق الجهد الأوتوماتيكية ١٤٨

الفصل العاشر: الأحمال غير المتوازنة والأحمال أحادية الطور ١٥٣
١٠,١ عام ١٥٣
١٠,٢ التمثيل بالمطاورات ١٥٣
١٠,٣ التأثير على نظام المجال ١٥٤
١٠,٤ عدم توازن فرق الجهد ١٥٥
١٠,٥ حدود التحميل غير المتوازن ١٥٥
١٠,٦ التأثيرات الميكانيكية لعدم التوازن ١٥٦

الفصل الحادي عشر: الوقايـــة ١٥٩
١١,١ عام ١٥٩
١١,٢ الوقاية من التيار الفائق والوقاية من قصر الدائرة ١٥٩
١١,٣ الوقاية من القدرة المفرطة ١٦١
١١,٤ الوقاية من انعكاس القدرة ١٦٢
١١,٥ الوقاية من التعاقب الطوري السالب ١٦٢
١١,٦ الوقاية من فقد تيار المجال ١٦٣
١١,٧ الوقاية من الأخطاء الداخلية ١٦٣
١١,٨ الوقاية من الحرارة الزائدة ١٦٤
١١,٩ الوقاية من الاندفاعات الفلطية ١٦٥
١١,١٠ الوقاية من الخطأ في المولد عديم الفرش ١٦٦
١١ ,١١ متابعة الحالة ١٦٧

االفصل الثاني عشر: أنواع أخرى من مولدات التيار المتناوب ١٦٩
١٢,١ عام ١٦٩
١٢,٢ المولدات التزامنية ذات المجالات من النوع المخلبي (نوع "لندل") ١٦٩
١٢.٣ المولدات المحاثية ١٧١
١٢,٤ المولدات الحثية ١٧٧

الفصل الثالث عشر: الاختبـــارات ١٧٩
١٣,١ عام ١٧٩
١٣,٢ أنواع الاختبارات ١٨٠

١٣,٣ تفاصيل الاختبارات الأساسية ١٨١

الفصل الرابع عشر: التشغيل باعتباره محركاً تزامنياً ١٩٣

١٤,١ عام ١٩٣

١٤,٢ عمل المحرك التزامني ١٩٣

١٤,٣ المحركات التزامنية عديمة الفرش ١٩٥

الفصل الخامس عشر: تطبيقات المولـــدات ١٩٩

١٥,١ ملاءمة المولد للمهمة ١٩٩

١٥,٢ المقنن ١٩٩

١٥,٣ الأداء العابر ، وصل الأحمال وفصلها ٢٠٢

١٥,٤ الأداء العابر والمساهمة في الخطأ ٢٠٤

١٥,٥ تأثير الحمل على الشكل الموجي المتولد ٢٠٦

١٥,٦ تيار قصرالدائرة النهائي ٢٠٧

١٥,٧ تأريض نقطة تعادل المولد ٢٠٨

١٥,٨ الأداء العابر للمولدات بالنسبة لأداء المحركات الأولية ٢١٥

١٥,٩ تأثيرات أخرى لأحمال النظام ٢١٦

١٥,١٠ المولدات التي تستخدم أساسا للحصول على تيار مباشر باستخدام المقومات ٢١٧

الملاحـق

الملحق (أ) معاملات تسرب الأسنان ٢٢١

الملحق (ب) معامل تسرب الفجوة الهوائيـــة ٢٢٢

المراجع ٢٤٧
ثبـــت المصطلحات ٢٦٧
أولاً : عربي ــ إنجليزي ٢٦٧
ثانيًا : إنجليزي ــ عربي ٢٧٩
كشاف الموضوعات ٢٩٣