การคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้วิธีบาวดารี่เอลิเมนต์แบบกึ่งวิเคราะห์

A Semi Analytic Boundary Element Method for the Calculation of Power Line Fields

สลักจิตร นิลบวร

Salakchit Nilboworn

เลขหมู่ TK3221 ส546 2551 ฉ.1

Bib Key 311782

9 ก.ค. 2551

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Electrical Engineering
Prince of Songkla University
2551

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงสูง
โดยใช้วิธีบาวดารี่อิลิเมนต์แบบกึ่งวิเคราะห์

ผู้เขียน นางสาวสลักจิตร นิลบวร

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ ตันตระรุ่งโรจน์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ดร.กุสุมาลย์ เหมยานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ ตันตระรุ่งโรจน์)

..... กรรมการ
(ดร.แอนดรูว์ ซีการ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การคำนวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของสายส่งไฟฟ้าแรงสูง โดยใช้วิธีบาวดารี่อิลิเมนต์แบบกึ่งวิเคราะห์
ผู้เขียน	นางสาวสลักจิตร นิลบวร
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

ระบบไฟฟ้าแรงสูงเป็นระบบสายส่งหลักในการจ่ายไฟฟ้าสู่เขตชุมชนทั่วประเทศ เราสามารถมองเห็นสายส่งไฟฟ้าแรงสูงได้ทั่วไปทุกหนทุกแห่งดังนั้นการศึกษาถึงผลกระทบของสนามไฟฟ้าภายใต้สายส่งจึงเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูง จัดเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่กำเนิดขึ้นจากการส่งจ่ายย่านความถี่ต่ำมากๆ (Extremely Low Frequency : ELF) มีความถี่ 50-60 Hz :ซึ่งสามารถใช้วิธีการคำนวณสนามไฟฟ้าแบบกึ่งสถิต (Quasi-static Method) สำหรับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงใช้วิธีการคำนวณสนามไฟฟ้าแบบกึ่งสถิต (Quasi-static Method) ในงานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์วิธีการคำนวณสนามไฟฟ้าแบบกึ่งสถิตกับสายส่งสองวงจร 500 kV โดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 4 หัวข้อ หัวข้อแรกคือ สร้างโมเดลของสายส่งจากทฤษฎี จากค่าแรงดันและค่ากระแสที่นำเสนอในรูปของอนุกรมฟูเรียร์ หัวข้อที่ 2 คือ ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาลำดับฮาร์โมนิก หัวข้อที่ 3 คำนวณค่าความเข้มข้นสนามไฟฟ้าโดยรอบสายควบ และหัวข้อสุดท้ายคือแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามฟังก์ชันของเวลา

ตัวแปรสำคัญในการคำนวณอย่างเช่น ขนาดสายส่ง, ลักษณะการวางสาย, ระยะห่างระหว่างเฟส และความสูงของสาย ล้วนเป็นข้อมูลประกอบเพื่อใช้ในการคำนวณทั้งสิ้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการคำนวณด้วยระเบียบวิธีต่างๆ ที่จำเป็นต่อการแสดงขนาดของศักย์ไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยสมการ Quasi-static จากสมการของแมกซ์เวล ประยุกต์ใช้กับระเบียบวิธีบาวดารีเอลิเมนต์ (BEM) เพื่อสร้างสมการการอินทิกรัลค่าศักย์ไฟฟ้าร่วมกับสมการ fundamental solution และทฤษฎีของกรีน (Green's theorem) สมการการอินทิกรัลค่าศักย์ไฟฟ้าสามารถแปลงให้อยู่ในรูปเมตริกซ์ฟอร์ม เมื่อแก้สมการเมตริกซ์โดยทำการอินเวิร์สเพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่จุดใดๆ ในพื้นที่ที่พิจารณา

คำสำคัญ : ย่านความถี่ต่ำมากๆ, สนามไฟฟ้าแบบกึ่งสถิต, ระเบียบวิธีบาวดารีเอลิเมนต์

Thesis Title	A Semi Analytic Boundary Integral Method for the Calculation of Power Line Fields
Author	Miss. Salakchit Nilboworn
Major Program	Electrical Engineering
Academic Year	2007

ABSTRACT

High Voltage alternating current electrical systems are essential to distribute power throughout the country to communities everywhere. It is important to be able to calculate the fields near ground level underneath the transmission lines. Fields from power transmission lines are usually 50-60 Hz, which is in the ELF (extremely low frequency) range. In this range the most general description for electromagnetic fields (i.e. Maxwell's equation) can be reduced to a quasi-static form. In this thesis, the general theory of quasi-static fields is applied to two line 500 kV electric power transmission line. The work is separated into four parts. Firstly, a geometric model is constructed to represent the conductors in the line, with voltages and currents represented as Fourier series. Secondly, the error incurred by truncating the Fourier series is examined. Thirdly, the field intensity around bundled conductors is calculated. And, finally, the field is plotted as a function of time.

In the calculations the size of conductors, the positioning and space between the phases, and the height of the lines above ground are all parameters which have influence on the overall shape of the fields. The calculations used here are constructed as a solution to the quasi-static form of Maxwell's equations, by applying the Boundary Element Method (BEM) to the integral equation obtained by substituting the fundamental solution for the potential into Green's theorem. The integral equation is converted into a discrete (matrix) system, and is solved using a matrix inverse to produce the value of the potential.

Keywords : extremely low frequency, Quasi-static fields, Boundary Element Method