



รายงานการวิจัย

การศึกษาเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับลำเส้นแสงซินโครตรอน

An Analytical Study of Beam Lines of Synchrotron Radiation

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สำเนา ผาติเสนะ

สาขาวิชาฟิสิกส์

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2541

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2544

## บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับลำเส้นแสงซินโครตรอนนี้ได้เน้นไปที่สมบัติพื้นฐานของลำแสง คือ พลังงานและกำลังของการแผ่รังสี สเปกตรัมของรังสี โพลาริเซชัน time structure ความเปล่งของลำอิเล็กตรอน ความสว่างของลำโฟตอน และความร่วมนัย สมบัติเหล่านี้เป็นตัวกำหนดในการออกแบบเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน ได้ศึกษาสมบัติเหล่านี้ทั้งในวงแหวนสะสมและอุปกรณ์เสริม รวมทั้งการเบี่ยงเบนไปจากเลดทฤษฎีอุดมคติและการแก้ไข การศึกษาเชิงวิเคราะห์จะเริ่มจากทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าแผนเดิมทั้งไม่เชิงสัมพัทธภาพและเชิงสัมพัทธภาพ ผลเชิงควอนตัมที่มีต่อสมบัติของรังสีซินโครตรอนมักไม่นำมาพิจารณาในเบื้องต้น แต่จะนำมาพิจารณาเมื่อพลังงานของโฟตอนที่แผ่ออกมามีค่าเปรียบเทียบกับพลังงานอิเล็กตรอน จากทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าแผนเดิมเราสามารถกำหนดพลังงานของรังสีที่แผ่ออกมาต่อรอบและพลังงานสูญเสียจากการแผ่รังสีต่อรอบได้ เนื่องจากสมการการเคลื่อนที่ของลำอนุภาคมีลักษณะคล้ายกับสมการของตัวแกว่งกวัดฮาร์มอนิกอย่างง่ายจึงทำให้การหาผลเฉลยของสมการง่ายขึ้น และได้นำผลของการหน่วงของการแกว่งกวัดบีตาตรอนมาพิจารณาด้วย นอกจากนี้ เนื่องจากค่าคงตัว  $K(s)$  เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งแต่มีลักษณะเป็นคาบ ผลเฉลยของสมการจึงหาได้โดยวิธีเมทริกซ์ จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของสเปกตรัมคล้ายกับการแผ่รังสีจากวัตถุดำ

## Abstract

The analytical study of beam lines of synchrotron radiation is aimed to basic properties of the beam lines. These properties are energy and power of radiation, spectrum of radiation, polarization, time structure, emittance of electron beam, brightness of photon beam and coherence. These properties are used to determine prototype of synchrotron light source. The study of such properties will be done either in storage ring and insertion devices. Linear deviations from the ideal lattice and corrections are also included. The analytical study started from classical electrodynamics either non-relativistic and relativistic theories. Quantum effects on the properties of synchrotron radiation are negligible but will be considered when energy of photon radiation is comparable with electron energy. From classical electrodynamic theory we can determine the energy of radiation and energy loss per turn. Since equation of motion of particle beam is similar to equation of simple harmonic oscillators, it is easier to get general solutions. Damping of betatron oscillations is also be considered. Because of the spring constant  $K(s)$  is a function of position  $s$  but periodic, general solutions of the equation must be solved by matrix method. From the analysis we found that the characteristics of spectrum is similar to black body radiation.