กุลพงษ์ บุญมาวงค์ : การออกแบบตัวควบคุมพีไอสี่ตัวสำหรับการควบคุมความเร็วแบบเวกเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (DESIGN OF FOUR PI CONTROLLERS FOR VECTOR CONTROL OF INDUCTION MOTOR SPEED) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.วิโรจน์ แสงธงทอง, 182 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมพีไอ 4 ตัวพร้อมกัน เพราะระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบเวกเตอร์โดยตรงมีตัวควบคุมพีไอ 4 ตัวที่ทำหน้าที่ชดเชยพลวัตของตัวแปรสถานะ การออกแบบตัวควบคุมพีไอดังกล่าวคือการคำนวณค่าเกนของตัวควบคุมพีไอ 4 ตัวพร้อมกันโดยตรง ระบบควบคุมความเร็ววงปิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำมีสมการปริภูมิสถานะที่มีตัวแปรสถานะ 8 ตัวและมีเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ที่มีค่าไอเกน 8 ค่า เมื่อตัวควบคุมพีไอ 4 ตัวมีค่าเกนที่ไม่ทราบค่า เมตริกซ์สัมประสิทธิ์จะให้พหุนามคุณลักษณะที่มีสัมประสิทธิ์ที่สัมพันธ์กับค่าเกนที่ไม่ทราบค่า การกำหนดค่าไอเกนลบ 8 ค่าที่ต้องการจะให้พหุนามคุณลักษณะที่ต้องการที่มีสัมประสิทธิ์เป็นตัวเลข การเท่ากันของสัมประสิทธิ์ที่ตรงกันของพหุนามคุณลักษณะทั้งสองจะสร้างระบบสมการไม่เชิงเส้นที่มี 8 สมการและ 8 ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า การหาคำตอบเชิงเลขของระบบสมการไม่เชิงเส้นจะคำนวณค่าเกนโดยตรงและได้รับค่าเกนของตัวควบคุมพีไอ 4 ตัวพร้อมกัน การเขียนโปรแกรมเชิงสัญลักษณ์จะสร้างและจัดแจงพหุนามคุณลักษณะและระบบสมการไม่เชิงเส้น ผลการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบสมรรถนะของผลตอบสนองความเร็วเพลาในกรณีที่มอเตอร์และโหลดเชิงกลมีค่าพารามิเตอร์เท่ากับค่าที่ระบุและแตกต่างจากค่าที่ระบุ เมื่อตัวควบคุมพีไอ 4 ตัวมีค่าเกนที่ได้รับจากการคำนวณโดยตรง ระบบควบคุมความเร็ววงปิดจะให้ผลตอบสนองความเร็วเพลาที่มีสมรรถนะดีกว่าสมรรถนะของผลตอบสนองความเร็วเพลาที่เกิดจากการสุ่มเลือกค่าเกนของตัวควบคุม และเมื่อตัวควบคุมมีค่าเกนที่ได้รับจากการคำนวณโดยตรง ผลการจำลองสถานการณ์ที่มีฮาร์ดแวร์ในลูปจะแสดงถึงความเป็นไปได้ในการเกิดผลตอบสนองความเร็วเพลาที่มีสมรรถนะสูงในทางปฏิบัติ ถ้าเมตริกซ์สัมประสิทธิ์คือเมตริกซ์เฮอร์วิตซ์ ระบบควบคุมความเร็ววงปิดจะมีแนววิถีสถานะที่มีขอบเขตที่สม่ำเสมอ ถ้าค่าไอเกนลบที่มีขนาดน้อยที่สุดมีขนาดเพิ่ม แนววิถีสถานะจะมีขอบเขตที่แคบลงในสถานะอยู่ตัว

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนักศึกษา กุลพงษ์ บุญมาวงค์

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิโรจน์ แสงธงทอง

KUNLAPONG BOONMAWONG : DESIGN OF FOUR PI CONTROLLERS FOR VECTOR CONTROL OF INDUCTION MOTOR SPEED. THESIS ADVISOR : WIROTE SANGTUNGTONG, Ph.D., 182 PP.

VECTOR CONTROL / INDUCTION MOTOR / STATE SPACE EQUATION / SYMBOLIC PROGRAM / PARAMETER OF INDUCTION MOTOR

This thesis presents and provides a methodology toward designing concurrently four PI controllers. They all compensate dynamics of state variables occurring in the speed control system of a three-phase induction motor under direct vector control. Such a design of the four PI controllers accounts for directly numerical computation that simultaneously solves the eight gains of the four ones. The above closed-loop control system is conducted by the state-space equation with eight state-variables as well as its coefficient matrix pertaining to eight eigenvalues. When the whole gains of the four PI ones get unknown, the characteristic polynomial which involves the implicit coefficients containing the unknown gains will originate from the coefficient matrix. Assignment that places the eight eigenvalues into desirable negative values evaluates the characteristic polynomial which associates with all the explicit numerical coefficients. The method of equating the corresponding coefficients between the two mentioned characteristic polynomials will establish a system of the eight nonlinear equations accompanied by the eight unknowns. Numerical root-finding algorithm determines directly and yields simultaneously every proper gain of the four PI controllers. Symbolic programming realizes and then manipulates the two characteristic polynomials and the system of nonlinear equations. The simulation

results allow the performance of the shaft-speed responses to be compared together when the parameters of the induction motor and its mechanical load match with their corresponding nominal values and when they deviate from their corresponding ones. After all the gains of the four PI controllers are acquired through the direct computation, the closed-loop control system affords the speed responses with their performance preferable over those of them caused by random selection in the controller gains. Based on directly computing them the simulation incorporating hardware-in-the-loop imparts the possibility of achieving high performance of speed response in practice. When the coefficient matrix belongs to the Hurwitz one, the trajectory of the closed-loop control system is uniformly bounded. Furthermore, when the smallest negative eigenvalue becomes larger, its steady-state boundedness will contract.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Electrical Engineering

Academic Year 2020

Student's Signature กอพงษ์ ขยมงาม

Advisor's Signature วิโรจน์ แสงประดิษฐ