โครงการวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคนาโนแบบใช้หลักการวัดประจุไฟฟ้าสถิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะต้นแบบของเครื่องวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคแบบใช้หลักการการวัดประจุไฟฟ้าสถิต โดยใช้ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และระบบควบคุม ที่สามารถพัฒนาและหาได้ภายในประเทศ ทดแทนชิ้นส่วนจากต่างประเทศ และเพื่อให้ได้เงื่อนไขของแบบเครื่องมือวัดที่เหมาะสมต่อการทำงาน ราคา และการยอมรับของผู้ใช้เชิงพาณิชย์

เครื่องวิเคราะห์ฯต้นแบบนี้ ประกอบด้วย ชุดคัดแยกสิ่งปนเปื้อนขนาดใหญ่ ชุดอัดประจุละอองลอยแบบโคโรนา ชุดดักจับไอออน ลูกถ้วยฟาราเดย์ ชุดตรวจวัดกระแสระดับต่ำ ชุดโปรแกรมบันทึกและประมวลผลข้อมูล และระบบควบคุมการไหลของของไหล โดยระบบการไหลของเครื่องวิเคราะห์ฯ จะถูกจ่ายและควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตราการไหลเชิงมวลกับเครื่องดูดสุญญากาศ การทำงานของเครื่องวิเคราะห์ฯต้นแบบนี้เริ่มต้นโดยการดูดตัวอย่างละอองลอยที่ต้องการวัดผ่านท่อเก็บตัวอย่าง และผ่านเข้าไปยังชุดคัดแยกสิ่งปนเปื้อนขนาดใหญ่เพื่อคัดแยกอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าช่วงขนาดที่ต้องการวัดออกด้วยหลักการทางอากาศพลศาสตร์ และจากนั้นอนุภาคจะถูกใส่ประจุไฟฟ้าด้วยวิธีการแพร่กระจายและสนามโดยชุดให้ประจุแบบโคโรนาเข็มปลายแหลม จากนั้นอนุภาคที่มีประจุจะผ่านเข้าไปยังชุดดักจับไอออนเพื่อกำจัดไอออนอิสระที่มีความสามารถในการเคลื่อนตัวทางไฟฟ้าสูงเจือปนมากับอนุภาคที่มีประจุออกก่อน เพื่อป้องกันการเจือปนสัญญาณทางไฟฟ้าของอนุภาคขณะทำการวัด เมื่ออนุภาคที่มีประจุออกจากชุดดักจับไอออนแล้วก็จะผ่านเข้าไปยังลูกถ้วยฟาราเดย์ อนุภาคที่มีประจุทั้งหมดจะตกสะสมตัวบนแผ่นดักกรองประสิทธิภาพสูงแบบ HEPA บรรจุอยู่ภายในตัวจับยึดแผ่นกรองในลูกถ้วยฟาราเดย์ และเชื่อมต่อเข้ากับชุดวัดกระแสไฟฟ้าระดับต่ำเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าของ

อนุภาคที่ตกสะสมตัวบนแผ่นกรอง ซึ่งกระแสไฟฟ้าของอนุภาคที่มีประจุที่วัดได้จะสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคที่ผ่านเข้าไปยังฟาราเดย์คลับ โดยสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น และแสดงผลข้อมูลออกมาในรูปแบบของกราฟ ที่แสดงถึงค่าความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

ในการวิจัยนี้ ได้ทำการการศึกษาทั้งภาคทฤษฎีและการทดลองของส่วนประกอบย่อยต่างๆ ของเครื่องวิเคราะห์ฯต้นแบบนี้ ซึ่งประกอบด้วย ชุดคัดแยกสิ่งปนเปื้อนขนาดใหญ่ ชุดอัดประจุละอองลอยแบบโคโรนา ชุดดักจับไอออน ลูกถ้วยฟาราเดย์ ชุดตรวจวัดกระแสระดับต่ำ โดยได้ทำการเปรียบผลการทดลองกับเครื่องมือวัดมาตรฐานเพื่อยืนยันความถูกต้อง ในการทดสอบสมรรถนะการวิเคราะห์ฯ ได้ทำการทดสอบกับแหล่งจ่ายอนุภาคนาโนที่เกิดจากการเผาไหม้จากน้ำมัน ซึ่งจากผลการทดสอบสมรรถนะการวิเคราะห์ฯแสดงให้เห็นว่าต้นแบบเครื่องวิเคราะห์ฯ ที่ได้พัฒนานี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคนาโนได้ในช่วงขนาด 10 นาโนเมตร ถึง 1,000 นาโนเมตร ค่ากระแสไฟฟ้าของอนุภาคที่วัดได้อยู่ในช่วง 1 พิโคแอมป์ ถึง 250 พิโคแอมป์ จะสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นจำนวนของอนุภาคอยู่ในช่วง 1×10^{10} ถึง 1×10^{12} อนุภาคต่อลูกบาศก์เมตร เครื่องวิเคราะห์นี้ใช้เวลาในการวัดและประมวลผลประมาณ 1 วินาที

ในส่วนของการศึกษาวิจัยทั้งทฤษฎีและการทดลองต่อไปคือ (ก) ควรให้ความสนใจเกี่ยวกับผลของรูปร่างของอนุภาคที่มีต่อสมรรถนะการวิเคราะห์ (ข) ควรมีการปรับปรุงระบบให้มีขนาดที่เล็กลงเหมาะสำหรับการพกพาไปในสถานที่ต่างๆได้ (ค) ควรการทดสอบการวัดในภาคสนามเพิ่มเติม และเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ของเครื่องวิเคราะห์ฯที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคฯ มาตรฐานอื่นๆ เช่น EAD SMPS EAS DMS และ EEPS เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของเครื่องมือวัดมากยิ่งขึ้น

A nanometer electrical particle analyzer using electrostatic charge measurement technique was developed in this project. The aim of this project is to design, construct, and performance test the prototype of the analyzer by using materials and control system which is the development and domestic replacement parts from abroad in order to the terms of the instrumentation appropriate work rates and the adoption of commercial.

The developed particle analyzer consists of a size selective inlet, a particle corona charger, an ion trap, a Faraday cup, an electrometer, a data acquisition and processing system, and a fluid flow control system. The flow system of the analyzer was controlled and regulated by mean of mass flow controller and vacuum pump. In this system, a nanoparticle sample first passes through the size selective inlet to remove particles outside the measurement size range based on their aerodynamic diameter, and then pass through the particle corona charger that sets a charge on the particles and enter the ion trap to remove the free ions. After the ion trap, the charged particles then enter the Faraday cup electrometer for measuring ultra low current about 10^{-12} A induced by charged particles collected on the HEPA filter in Faraday cup corresponding to the number concentration of particles. Signal current is then recorded and processed by a data acquisition system. Finally, time variation of particle number concentration was also shown.

In this project, both theoretical and experimental studies of the sub-components of the analyzer includes the size selective inlet, the particle corona charger, the ion trap, a Faraday cup, the electrometer, and the data acquisition and processing system were conducted. The combustion aerosol generator (CAG) was used to generate a polydisperse aerosol for the performance test of this analyzer. The results have been compared with the standard instruments to verify the accuracy. It was found from the results that the developed analyzer was capable of measuring number concentration of nanometer sized particles in the range of approximately 1×10^{10} to 1×10^{12} particles/m^3 corresponding to the signal current in the range of approximately 1 to 250 pA. Time response of this analyzer was about 1 s.

Suggestions for further research on both the theoretical and experimental parts of this project: (a) further research should be focused on the effect of particle shape on the overall performance of the analyzer, (b) the analyzer should be improved to a smaller size for portability in field test, and (c) calibration and comparison of the analyzer with other particle measuring devices (e.g. SMPS, EAS, DMS, and ELPI) should be conducted further.