

Elektrosztatikus porleválasztó berendezések újszerű modellezése

A doktori (Ph.D.) értekezés összefoglalója

A téma különleges aktualitását az egyre szigorodó környezetvédelmi követelmények adják. Miután hazánk az Európai Unió tagja lett, alkalmazkodnia kell annak levegőtisztaság-védelmi előírásaihoz. A követelmények szigorodása érzékenyen érinti az elektrosztatikus porleválasztó berendezéseket is, amelyekkel nem csupán az összes porkibocsátást kell határérték alatt tartani, de a néhány mikron ekvivalens átmérőjűnél kisebb szemcsék kilépő koncentrációja sem haladhatja meg az előírt nagyságot.

A célkitűzés ennek megfelelően egy olyan korszerű porleválasztó modell létrehozása volt, amely valóságosan, a létező modellek korlátjait átlépve írja le a villamos porleválasztás folyamatát, alkalmas - polidiszperz porterhelés esetén - a néhány mikronos frakció leválasztásának vizsgálatára valamint a porleválasztás során felmerülő bizonytalanságok (mint például a portulajdonosságok időbeli változása) kezelésére.

A célkitűzés megvalósítását segítette, hogy Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszék, Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoportján Dr. Berta István vezetésével olyan ESP iskola működik, amely sokéves ipari tapasztalattal és nemzetközileg elismert tudományos eredményekkel rendelkezik. Emellett nagy segítséget jelentett a BME Áramlástechnika Tanszékkel kialakított együttműködés.

A feladat megoldásához olyan modulrendszerű numerikus modellt alkottam, amely alkalmas a turbulens gázáramlás sebesség-eloszlásának számítására, a tértöltéses villamos erőter meghatározására, a szennyező szemcsék töltődési folyamatának leírására valamint a pormozgás, a porvisszalépés és az ellenkorona jellemzésére.

A bizonytalanságok kezelésének megoldására az elektrosztatikus veszélyek megítélésében bevált, fuzzy logika alapú megközelítést választottam. Az ott alkalmazott ismeretek alapján szakértői rendszert hoztam létre, amely alkalmas a modell megbízhatóságának analizésére, illetve a bizonytalan paraméterekből adódó pontatlanságok csökkentésére. A numerikus és fuzzy logika alapú modelleket ötvözve összetett rendszert hoztam létre, amelynek hitelesítését laboratóriumi mérésekkel és a szakirodalomból vett adatok segítségével végeztem. A komplex modellt konkrét ipari probléma elemzésére is alkalmaztam.

Az értekezésben négy tézist fogalmaztam meg. Az első magának az újszerű elektrosztatikus porleválasztó modellnek megalkotását rögzíti. A második a szakirodalomban gyakran alkalmazott, a portértöltés meghatározásakor a szemcsék telítési töltéséből kiinduló számítási módszer korlátjaira vonatkozik. A harmadik a porleválasztó modellek bizonytalanságának kezelésére ill. megbízhatóságának elemzésére alkotott szakértői rendszer létrehozását állapítja meg. A negyedik a porvisszalépés számításának újszerű eljárásáról szól, amely fuzzy logika alapú szakértői rendszerrel működik.

Budapest, 2004. október 25.

Kiss István

Novel modelling of electrostatic precipitators

Summary of the Ph.D. dissertation

The topic of the Ph.D. work is remarkably actual, regarding the more and more strict requirements of environmental protection. After Hungary became the member of the EU, adaptation of its environmental regulations is necessary. Strict regulations connecting to air pollution control requires not only the limitation of the total amount of emitted pollutants, but also limit the amount of emitted fine particles which has an equivalent diameter of some microns. To fulfil these requirements most ESPs have to be upgraded.

Therefore the aim of the work was to develop an up-to-date ESP model which describes the process of electrostatic precipitation appropriately (especially the movement of fine particles), handles polydisperse dust load, and able to handle the uncertainties of modelling (e.g. changing dust properties) stepping over the limits of existing models.

It was a significant advantage that a school of electrostatic precipitation exists at the Budapest University of Technology and Economics, Department of Electrical Power Engineering, Group of High Voltage Engineering and Equipment led by Prof. István Berta, which has a several years long industrial knowledge and internationally well-known scientific results. Beside that, co-operation with Department of Fluid Dynamics was also very important and fruitful.

To solve this task, I created a such a modular numerical ESP model which is able to calculate the velocity distribution of the turbulent flow, the electric field intensity distribution, the charging process of particles and describes the movement of particles, the dust reentrainment and the back corona.

To handle uncertainties, I selected the fuzzy logic based approach which was used in my previous practice successfully for the estimation of electrostatic risks. Based on the knowledge applied for that purpose, I created an expert system which is able to analyse the reliability of the model and to reduce inaccuracies due to the uncertain parameters. Combining the numerical and the fuzzy logic based model, I created a complex system which was verified by laboratory measurements and by comparing my results to published data. I applied my complex model for the analysis of a given industrial ESP.

There are four thesis in my dissertation. First one declares the creation of the novel ESP model. Second one is about the limit of a widely used modelling approach that works with the saturation charge of particles during the calculation of dust space charge. Third one declares the creation of expert system for the handling of uncertainties and for the determination of reliability of ESP models. Last one is about the novel calculation process for the estimation of dust reentrainment which uses a fuzzy logic based expert system.

Budapest, 25th Oct. 2004.

Kiss István

Novel modelling of electrostatic precipitators

Abstract

Novel model for analysis of electrostatic precipitators (ESP) has been created, especially to examine different ESP arrangements from the point of the more and more strict regulations for air pollution control. The prepared ESP model is able to calculate the velocity distribution of the turbulent flow, the electric field intensity distribution, the charging process of particles and describes the movement of particles, the dust reentrainment and the back corona. Its significant advantage is that it can handle uncertainties due to the changing dust parameters and non-ideal effects, and it is able to analyse the reliability of the modelling by using a fuzzy logic based expert system. Based on the calculation results, useful information could be obtained, especially for heavy dust load. The novel model was successfully applied for the examination of a given industrial ESP.