Prosessiteollisuuden tuotantoprosessien simulointi- ja optimointiteknologiat

22.12.2023

Teollisuuden tuotantoprosessit ja niiden vaatimukset vaihtelevat toimialan mukaan. Jokaisella teollisuuden alalla on omat haasteensa ja niiden ratkaiseminen vaatii syvällistä ymmärrystä sekä oikeita työkaluja optimaalisen tuotannon varmistamiseksi. Prosessiteollisuudessa raaka-aineiden jalostus tapahtuu kemiallisten, fysikaalisten tai biokemiallisten prosessien avulla (Pont & Depacq, 2020, s. 2–3). Tuotanto on usein bulkkituotantoa, mutta se saattaa sisältää myös tuotteiden annostelu- ja pakkausvaiheita. Toimialaan lukeutuvat esimerkiksi lääke-, paperi- ja kemianteollisuus sekä osa elintarviketeollisuuden aloista, kuten juoma- ja meijeriteollisuus. Prosessiteollisuudessa tehokkuuden ja optimoinnin merkitys korostuvat, sillä tuotantoprosessit ovat usein integroituja ja koostuvat monista eri yksikköprosesseista. Siksi pienilläkin operointivirheillä tai parametrien muutoksilla saattaa olla vaikutuksia koko tuotantoketjuun.

Simulointi- ja optimointityökalut

Prosessiteollisuudessa erilaiset simulointi- ja optimointityökalut ovat keskeisessä roolissa, kun pyritään ymmärtämään, suunnittelemaan ja kehittämään tuotantoprosesseja. Simuloinnin avulla voidaan esimerkiksi mallintaa ja analysoida prosesseja virtuaalisesti ennen niiden toteuttamista varsinaisessa tuotantoympäristössä. Optimointityökalut mahdollistavat tuotantoprosessin optimoinnin reaaliaikaisen datan ja historiadatan perusteella. Erilaisten data-analyysien ja laskentamallien avulla voidaan esimerkiksi paikallistaa nopeasti mahdolliset tuotantokatkojen aiheuttajat, laite- ja laatuongelmat sekä parantaa tuotannon resurssitehokkuutta. Simuloinnin tavoitteena voi olla esimerkiksi prosessin toimintaolosuhteiden säätö ja

optimointitai prosessin ongelmakohtien ratkaiseminen. Prosessiteollisuudessa simulointia voidaan hyödyntää useissa eri tilanteissa, kuten tuotantolaitoksen suunnittelussa, päivittäisessä operoinnissa, prosessiongelmien tunnistamisessa sekä prosessin alas- ja ylösajossa (Verma, 2015, s. 8–9). Se mahdollistaa ympäristöriskien arvioinnin ja ilmastokestävämpien prosessien kehittämisen (Verma, 2015, s. 11). Simuloinnin avulla voidaan myös kouluttaa henkilöstöä tuotantoprosessin ja sen ongelmatilanteiden hallintaan. Optimointityökalut analysoivat simuloinnin ja varsinaisen tuotannon prosessiparametreja ja etsivät parhaita mahdollisia ratkaisuja tuotantoprosessin tehostamiseksi. Useat optimointityökalut hyödyntävät data-analytiikkaa tunnistaakseen tuotannon pullonkaulat, tehostaakseen resurssien käyttöä ja parantaakseen tuotteiden laatua (AspenTech, i.a). Näiden työkalujen yhdistäminen mahdollistaa tuotantoprosessien kattavan analysoimisen sekä tehokkaan ja joustavan tuotannon suunnittelun. Ne tuovat kustannussäästöjä, vähentävät tuotannon riskejä ja parantavat lopputuotteen laatua. Kaupallisia simulointi- ja optimointityökaluja on markkinoilla useita erilaisia. Sopivan työkalun valintaan vaikuttavat useat tekijät, kuten kustannukset, saatavuus ja käyttäjän tarpeet (Verma, 2015, s. 20). Käyttäjien koulutustaso ja kokemus ovat tärkeitä, sillä uusien työkalujen omaksuminen vaatii aikaa. Ohjelmiston valinnassa on tärkeää ottaa huomioon myös sen joustavuus ja kyky vastata erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Esimerkkejä sovelluskohteista

Prosessiteollisuudessa simulointi- ja optimointityökaluja hyödynnetään mm. tuotantoprosessien turvallisuuden ja tehokkuuden parantamisessa sekä ympäristövaikutusten minimoinnissa. Elintarvike- ja lääketeollisuudessa korostuvat erityisesti myös tuotteen laatu ja tuoteturvallisuus. Työkalut soveltuvat moniin eri tuotannon haasteisiin ja tässä kappaleessa esitellään muutamia eri sovelluskohteita. Simulointi- ja optimointityökalut tarjoavat keinoja tuotantoautomaation säätöjen optimointiin, jolla voidaan vaikuttaa mm. tuotteen laatuun ja tuotannon resurssi- tai energiatehokkuuteen. Meng ym. (2022) vertailivat automaattisesti virittyvää PID-säädintä ja perinteistä PID-säädintä meijeriteollisuuden haihdutusprosessin säädössä. He kehittelivät MATLAB/Simulink-ympäristössä matemaattisen mallin, johon lisättiin häiriöitä jäljittelemään todellisia tuotanto-olosuhteita. Simulaation tuloksista kävi ilmi, että automaattisesti säätyvä PID-säädin pysyi perinteistä PID-säätöä paremmin asetusarvossa. Tämä osoitti, että automaattinen PID-säätö voi parantaa prosessin vakautta ja tuoteominaisuuksia haihdutusprosesseissa. Dynaamista simulaatiota voidaan hyödyntää turvallisuusanalyyseihin, joissa määritetään tuotannon riski- ja vaaratekijät (Kummer & Varga, 2019). Sen avulla voidaan tutkia prosessin toimintahäiriön tai ei-toivottujen tilanteiden seurauksia tuotantoprosessin toimintaan. Perinteiset riskianalyysit, kuten HAZOP, vievät paljon aikaa ja ovat välttämättömiä ennen tuotannon käynnistämistä. Simuloinnin avulla tätä aikaa voidaan lyhentää ja samalla vähentää inhimillisiä riskitekijöitä. Kummer ja Varga (2019) kehittivät alustan, jossa oli integroituna Aspen HYSYS ja MATLAB. He sovelsivat alustaa kumeenihydroperoksidin konsentraation säätelyyn alipainetislauskolonnissa, toteuttaen erilaisia säätimen vikatilanteita. Vaikka nämä häiriöt eivät aiheuttaneet suuria paineen muutoksia, ne vaikuttivat merkittävästi tuotteen konsentraatioon. Tulokset osoittivat, että alusta soveltuu laajempien toimintahäiriöiden analysointiin ja sitä voidaan hyödyntää tuotannon riskien määrittämisessä. Tuotantolaitteiden puhdistaminen vaatii usein pitkiä pesuaikoja ja kuluttaa paljon vettä ja energiaa (APC, 16.9.2021). Virtauslaskennalla (CFD) voidaan optimoida tuotannon CIP-pesuja: CFD ennustaa nesteiden virtauskuvioita ja seinämän leikkausjännityksiä, jotka ovat avainasemassa

puhdistusprosessin tehokkuudessa. CFD-simulaatiot mahdollistavat vaikeasti puhdistettavien alueiden sijainnin ennustamisen ja auttavat tunnistamaan virtauskuvioita, jotka joko parantavat tai heikentävät puhdistusta. Digitaaliset kaksoset ovat fyysisten järjestelmien virtuaalisia kopioita ja ovat osa teollisuus 4.0 -teknologioita. Niiden käyttöönotto mahdollistaa tuotantolinjojen jatkuvan seurannan ja optimoinnin, mikä parantaa tuottavuutta ja minimoi kustannuksia (Fera ym., 2019). Bottani ym. (2020) kehittivät pastörointijärjestelmän digitaalisen kaksosen, joka jäljitteli todellisen pastöroinnin olosuhteita. Mallin tavoitteena oli ennustaa mahdollisia poikkeamia tehtaan toiminnassa, ja siten ennaltaehkäistä työntekijöiden turvallisuuteen liittyviä ongelmia. Tämä saavutettiin vertaamalla simuloitua mallia todellisiin tehtaan signaaleihin. Digitaalinen kaksonen koostui kolmesta pääosasta: simulointityökalusta, poikkeamien ennustustyökalusta ja pilvipalvelimesta. Teollisuudessa simuloinnin ja optimoinnin rooli kasvaa teknologian nopean kehityksen myötä ja se tarjoaa uusia tapoja näiden menetelmien soveltamiseen. Teollisuus 4.0 -teknologiat ovat vaikuttaneet jo merkittävästi simulointi- ja optimointiteknologioiden kehitykseen ja niiden käyttö tulee laajenemaan entisestään tulevaisuudessa.

Artikkeli toteutettiin osana Optimaalista lisäarvoa teknologiasta (OPLITE) -hanketta. Hankkeen päätavoitteena on ensisijaisesti tuottaa Etelä-Pohjanmaan ja Pirkanmaan pk-yrityksille mahdollisuuksia kehittää ja optimoida omia toimintojaan, tuotteitaan, prosessejaan simulointi- ja datapohjaisilla menetelmillä ja työkaluilla. Hankkeella pyritään myös lisäämään tietoisuutta uusien simulointi- ja optimointityökalujen mahdollisuuksista. Hanketta koordinoi Seinäjoen ammattikorkeakoulu, ja osatoteuttajina siinä ovat Tampereen ammattikorkeakoulu ja Tampereen yliopisto. Hanke on Euroopan unionin osarahoittama. Hanke päättyy 31.12.2025.

Lisätietoja OPLITE-hankkeesta hankkeen verkkosivuilla.

Alisa Ala-Huikku
TKI-asiantuntijaSeAMK, Digitalisaatio ja älykkäät teknologiat

Lähteet: APC. (16.9.2021). *How CFD can Optimize Process Equipment Cleaning.* https://approcess.com/blog/harnessing-the-power-of-cfd-to-optimize-process-equipment-cleaning-protocols Aspen Tech. (i.a). *Process Optimization Software*. https://www.aspentech.com/en/apm-resources/process-optimization-software Fera, M., Greco, A., Caterino, M., Gerbino, S., Caputo, F., Macchiaroli, R., & D'Amato, E. (2019). Towards Digital Twin Implementation for Assessing Production Line Performance and Balancing. *Sensors*, 20, 97. https://doi.org/10.3390/s20010097 Kummer, A., & Varga, T. (2019). *Process simulator assisted framework to support process safety analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 58,* 22–29. https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.01.007 Meng, Q., Zhang, H., & Howarth, M. (2022). Comparison between real-time auto-tuning PID and conventional PID controller for a dairy industrial evaporation process. *International Journal of Modelling, Identification and Control*, *40*(1), 27–35. https://doi.org/10.1504/IJMIC.2022.124072 Pont, J.-P. D., & Debacq, M. (2020.). *Process Industries 1—Sustainability, Managerial and Scientific Fundamentals*. John Wiley & Sons. Verma, A. K. (2015). *Process modelling and simulation in chemical, biochemical and environmental engineering.* Taylor & Francis. https://doi.org/10.1201/b17595