

Prosessitekniiikan perusta

Automaatiotekniikka

Peruskäsitteitä ja niiden välisiä yhteyksiä

Prosessi- ja ympäristötekniikan koulutusohjelmissa keskitytään *ilmiöihin ja niiden hallintaan*. Ilmiöiden tarkastelussa rajaudutaan sellaisiin ilmiöihin, jotka ovat tyypillisiä sekä luonnonprosesseissa että teollisissa prosesseissa. Toisaalta itse prosessin käsitteen voidaan määritellä tarkoittavan pyrkimystä hallita erilaisia ilmiöitä. Ilmiöiden hallintaa voidaan toteuttaa prosessi- ja ympäristötekniikan keinoin suunnittelemalla ja toteuttamalla siihen sopivia prosessilaitteita ja/tai luonnon ympäristöön tehtyjä rakenteita. Lisäksi ilmiöitä voidaan hallita automaatioteknisin keinoin, joihin tässä yhteydessä keskitytään.

Automaatiossa on aina kysymys toiminnasta, joka voi tapahtua ilman ihmisen jatkuvaa vaikutusta ja ohjausta. Tietyissä mielessä kysymys on jostakin ”itsestään tapahtuvasta”. Käytännössä nykyaikaisessa automaatioteknisissä laitteissa ja järjestelmissä ihmisen tekemä päättely- ja lihastyö on osaksi tai kokonaan korvattu mikroprosessoreissa toimivilla ohjelmilla, jotka toteuttavat erilaisten mittaus- ja ohjauslaitteiden avulla säätö- ja systeemitekniisiä menetelmiä.

Automaatiossa keskeisin periaate on *ns. takaisinkytkennän (tai takaisinkytketyn säädön) periaate*, jolla tarkoitetaan sitä, että jonkin hallittavan suureen arvoa mitataan jatkuvasti ja tämä *mittausarvo* siirretään (takaisin kytketään) tietokoneelle, joka vertaa saatua mittausarvoa haluttuun (eli tavoiteltuun) lukuarvoon (*ns. asetuservo*) ja muodostaa näiden erotuksen perusteella sopivan ohjaussuureen. *Ohjaussuure* puolestaan siirretään tietokoneesta *ns. toimilaitteelle*, joka pyrkii muuttamaan hallittavaa kohdetta siten, että mitattava arvo lähestyy edellä mainittua asetuservoa.

Prosessiautomaatiota on käsitteenä helpointa tarkastella sitä ylempien käsitteiden ja erilaisten rajausten avulla. Aloittamalla tarkastelu yleisestä automaation näkökulmasta voidaan todeta prosessiautomaation olevan osa *teollisuusautomaatiota*, jolla tarkoitetaan lyhyesti ilmaistuna teollisuuslaitoksissa sovellettua automaatiota. Kysymyksessä on siis erilaisten tuotantolaitosten automatisointiin käytetty tekniikka, joka koostuu erilaisista laitteista kuten mittalaitteista, toimilaitteista ja tietokonepohjaisista automaatiojärjestelmistä sekä ohjelmistoista ja niihin sisällytetyistä menetelmistä, joita taas ovat mm. loogiset operaatiot ja päättely, säätötekniikka, suodatus, visualisointi ja vikadiagnostiikka.

Teollisuusautomaatio jakautuu kahteen osaan: *kappaletavara-automaatioon* ja *prosessiautomaatioon*. Kappaletavara-automaatiossa on kysymyksessä nimensä mukaisesti selvästi erotettavien kappaleiden käsittelyyn erikoistuneesta tekniikasta, kun taas prosessiautomaatiossa tarkastelun kohteena on virtaavien aineiden, kuten nesteiden, kaasujen, lietteiden ja jauheiden käsittelyyn erikoistuneet tekniikat. Prosessiautomaatio voidaan edelleen jakaa ohjattavien prosessien luonteen mukaan kahteen pääluokkaan: *panosprosessien* ja *jatkuvien prosessien automaatioon*. Panosprosessien automaatio on menetelmien osalta samankaltaista kuin kappaletavara-automaatio: niissä molemmissa korostuu looginen vertailu ja päättely, ja toisaalta säätötekniikan rooli on jatkuvien prosessien automaatioon verrattuna

vähäisempää. Jatkuvien prosessien automaatio on menetelmätekniikan näkökulmasta tarkasteltuna usein takaisinkytkettyä säätöä, jossa kohteena oleva prosessi pidetään mahdollisimman tarkasti halutussa tilassa häiriöistä huolimatta. Prosessin haluttu tila voidaan määrätä ns. *optimoivien menetelmien* avulla. Tällöin optimointi tarkoittaa kullakin ajan hetkellä parhaan mahdollisen tavoitetilan määrittelyä, mikä puolestaan tapahtuu erilaisia teknis-taloudellisia kriteerejä hyväksi käyttäen.

Monet teollisuuslaitokset sisältävät piirteitä sekä prosesseista että kappaletavaran käsittelystä. Virtaavien aineiden käsittelyssä on kuitenkin runsaasti teollisuuden alasta riippumattomia yhteisiä piirteitä, minkä vuoksi niiden automaatiota samoin kuin luonnonympäristön hallintaan tarkoitettua automaatiota voidaan käsitellä samalla tavoin. Ensinnäkin niissä kaikissa on useimmiten hallittavana samoja suureita kuten virtausnopeus, paine, lämpötila, pinnankorkeus tai jokin pitoisuus. Toiseksi niissä pyritään hallitsemaan jotain fysikaalista tai biologista ilmiötä tai kemiallista reaktiota. Ilmion tai reaktion luonne voi olla luonnostaan *vakaa eli stabiili tai epävakaa eli epästabiili*. Ensimmäisessä tapauksessa prosessiautomaation tehtäväksi jää lähinnä mittaustiedon esittäminen ihmiselle sopivassa muodossa sekä prosessin tavoitetilan muutosten ohjaus. Jälkimmäisessä tapauksessa automaation tulee lisäksi vakauttaa eli stabiloida prosessi niin, että se pysyy halutussa tilassa ja siirtyy hallitusti tilasta toiseen. Erityisesti näihin tapauksiin tarvitaan takaisinkytkettyjä säätöpiirejä.

Prosessiautomaatio koostuu perusautomaation tasolla erilaisten yksikköoperaatioiden hallinnasta ja tehdasautomaation tasolla koko tuotannon hallinnasta. Nykyisin prosessiautomaation tehtäväkenttää on laajennettu yhä suuremmissa määrin myös prosessilaitteiden kunnonvalvontaan ja tuotteiden laadunvalvontaan sekä ulotettu koko raaka-aineiden hankintaketjuun ja vastaavasti tuotteiden toimitusketjuun tehtaalta asiakkaille.

Prosessiautomaatiolaitteista ja -järjestelmistä

Prosessiautomaation toteutuksessa käytetään tietokonetekniikkaa. Nykyaikainen *prosessiautomaatiojärjestelmä* koostuu useista kymmenistä tehtävänsä erikoistuneista tietokoneista, jotka voivat ”keskustella” keskenään eritasoisten tietoverkkojen avulla. Tehtävien jakamista useammalle erikoistuneelle tietokoneelle kutsutaan *hajauttamiseksi*. Prosessiautomaatiojärjestelmä saa jatkuvasti mittaustietoa prosessista siihen kytkettyjen *mittalaitteiden* kautta sekä kykenee ohjaamaan prosessia *toimilaitteidensa* avulla. Mittalaitteet koostuvat ”tuntoelimestä” eli *anturista* ja *mittalähettimestä*, joka muuttaa anturin antaman mittaviestin paremmin siirrettävään ja muun laitteiston kannalta helpommin käsiteltävissä olevaan standardimuotoon. Toimilaitteet vaikuttavat prosessiin halutulla tavalla, esim. venttiili voi muuttaa virtausta jossakin putkessa tai lämmitysvastus voi muuttaa lämpötilaa jossakin säiliössä. Toimilaitteet koostuvat *toimimoottorista* ja *toimielimestä*.

Nykyisin sekä mittalaitteet että toimilaitteet sisältävät usein oman erikoistuneen mikroprosessorinsa, joka käsittelee varsin itsenäisesti erilaisia tietoja ja joka kykenee myös keskustelemaan muiden laitteiden prosessoreiden kanssa. Tästä syystä näitä toimilaitteita on kutsuttu *älykkäiksi kenttälaitteiksi*. Älykkäät kenttälaitteet kommunikoivat sekä keskenään että muiden automaatiolaitteiden ja myös ihmisen kanssa alemman tason tietoverkon eli ns. *kenttäväylän* kautta.

Prosessiautomaatiojärjestelmä sisältää myös ylemmän tason tietokonelaitteita eli *alasemia*, joissa voidaan suorittaa vaativampaa laskentaa ja tietojen käsittelyä ja joissa tietoa voidaan jalostaa paremmin prosessia valvovan ihmisen käyttöön sopivaksi. Alasemat voivat vaihtaa tietojaan ns. *järjestelmäväylän* avulla, joka on käytännössä samanlainen paikallinen tietoverkko (ns. lähiverkko eli LAN) kuin toimistoissa käytetyt verkot. Niitä prosessiautomaatiojärjestelmän laitteita, jotka on rakennettu palvelemaan prosessia ohjaavaa ja valvovaa ihmistä, kutsutaan *valvomolaitteiksi*.

Merkittävä osa prosessiautomaatiosta on rakennettu ihmisen tarvitsemaa *käyttöliittymää* varten, jonka kautta prosessia valvova ja ohjaava henkilöstö kykenee hallitsemaan laajoja tehdaskokonaisuuksia suurissa valvomoissa. Prosessien valvontaa on enenevässä määrin keskitetty suuriin valvomoihin, joissa operaattoreina toimivat ihmiset voivat auttaa toisiaan ja siten jakaa muutoin usein hyvin epätasaisesti kuormittavaa työtä keskenään.

Prosessiautomaation merkityksestä

Historiallisesti tarkasteltuna prosessiautomaatio on mekanisaation jatke: mekanisaatiossa korvattiin ihmisen (usein orjien) tekemä lihastyö konevoimalla, kun taas automaatiiossa korvattiin myös henkisesti kuormittava ja usein vaarallisissa olosuhteissa tapahtuva pakkotahtinen kenttätyö suurelta osin toimisto-olosuhteita vastaavassa valvomossa tapahtuvaksi tarkkailutehtäväksi, jossa toistuvista rutiineista huolehtii automaatiojärjestelmä ja ihminen puuttuu asioiden kulkuun vain poikkeustilanteissa.

Yhteiskunnallisesti prosessiautomaatio on merkinnyt työvoimatarpeen vähenemistä. Toisaalta automaatio on keskeinen kilpailutekijä globaalissa taloudessa ja *korkea automaatioaste* on paras tapa säilyttää tuotantotoimintaa ja siihen liittyviä työpaikkoja myös Suomessa ja muissa perinteisissä teollisuusmaissa, joissa tuotantotoiminnan henkilöstökustannukset ovat merkittäviä. Vaikka teollisuuden suora työllistävä merkitys onkin vähentynyt, sen välilliset vaikutukset työllisyyteen ja kansantalouteen ovat edelleen erittäin suuria.

Koska prosessiteollisuuden tuotteet menevät pääosin muun teollisuuden jatkojalostukseen eivätkä yksittäisten kuluttajien käyttöön, ne jäävät suurelle yleisölle vieraiksi ja ehkä juuri siksi ne mielletään usein edelleen halvoiksi ja yksinkertaisiksi massatuotteiksi. Todellisuudessa prosessiteollisuuden tuotteet ovat nykyisin kunkin (yritys)asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä erikoistuotteita, joiden laatua valvotaan ja ylläpidetään tarkasti automaation avulla.

Prosessiautomaatiolla on ratkaiseva merkitys sekä paikallisen ympäristönsä kannalta että globaalissa mielessä. Automaation avulla voidaan vähentää merkittävästi raaka-aineiden ja energian kulutusta sekä päästöjä ja hylkyyn menevän tuotannon osuutta. Nykyaikainen teollisuus ei voisi mitenkään asiallisesti täyttää sille asetettuja ympäristönormeja ilman prosessiautomaatiota. Prosessiautomaation kehittäminen on usein myös ensimmäinen ja edullisin tapa pienentää teollisuuslaitoksen ympäristökuormitusta, koska varsinaisten prosessilaitteisiin tai ympäristötekniisiin

rakenteisiin tehtävät muutokset vaativat huomattavasti automaatiota suurempia taloudellisia investointeja.

Prosessiautomaation suunnittelusta ja toteutuksesta

Jotta jokin prosessi voidaan automatisoida, tarvitaan tehtävään sopivat *mitta- ja toimilaitteet* (eli ns. *kenttälaitteet*), joiden valintaan puolestaan tarvitaan tietoa prosessin ominaisuuksista ja toiminnasta. Erityisesti tulee tietää, mitä suureita ko. prosessissa tulee pitää hallinnassa ja millä tavoin tai minkä suureiden avulla hallittavia suureita voidaan hallita. Tulee siis tietää *mitattavat* (hallittavat) *suureet* sekä sellaiset suureet, joilla edellä mainittuihin voidaan vaikuttaa eli ns. *ohjaussuureet*.

Sopivien kenttälaitteiden lisäksi tarvitaan *automaatiojärjestelmä* (eli prosessia ohjaavat tietokoneet), jossa toimivien ohjelmien avulla voidaan toteuttaa järjestelmän säätö- ja ohjauseriaatteita sekä -menetelmiä. Menetelmien sovittaminen kunkin yksittäisen prosessin tarpeisiin puolestaan edellyttää tietoa siitä, kuinka ohjaussuureen muutos (eli toimilaitteen asennon muutos) vaikuttaa hallittavaan suureeseen. Tätä tietoa kutsutaan *prosessin dynamiikaksi* ja se ilmaistaan usein *prosessin matemaattisen mallin* avulla. Matemaattinen malli voidaan laatia kokeellisen tiedon (prosessikokeiden tulosten) ja/tai teoreettisen tiedon (aine-, energia- ja liikemäärätaseet sekä ilmiöihin liittyvät luonnonlait) avulla.

Tehtävä

Mitä on mitattava ja mitä säädettävä, jotta tarkastelunne kohteena oleva tuotantoprosessi on mahdollista automatisoida? Ota huomioon erot siinä, mitä halutaan mitata ja siinä, mitä on käytännössä mahdollista mitata!