

Tämä on rinnakkaistallenne.

Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat *saattavat poiketa* alkuperäisestä julkaisusta.

Julkaisun tekijä(t): Westman, Henri; Korhonen, Eero

Julkaisun nimi: Momentin mittausperiaatteet ja mittaustiedon tallentaminen tietokoneelle

Julkaisuvuosi: 2019

Versio: Julkaistu versio

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Westman, H. & Korhonen, E. (2019). Momentin mittausperiaatteet ja mittaustiedon tallentaminen tietokoneelle. *Oamk_kone with passion: vuodesta 1894*, 1 (2), 7-8.

Haettu 27.6.2019 osoitteesta https://issuu.com/oamk_kone/docs/lehti-02

Momentin mittausperiaatteet ja mittaustiedon tallentaminen tietokoneelle

Kirjoittajat: insinööriopiskelija (amk) Henri Westman ja yliopettaja Eero Korhonen, Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan osasto

Artikkeli liittyy keväällä 2019 valmistuneeseen Henri Westmanin opinnäytetyöhön Lukkojen testauslaitteen suunnittelu. Työn ohjaajana toimi Eero Korhonen. Opinnäytetyö tehtiin lukitusjärjestelmiä valmistavalle iLOQ Oy:lle. Työssä kartoitettiin erilaisia vääntömomentin mittaustapoja sekä suunniteltiin ja valmistettiin mittauslaitteiston prototyyppi.

Vääntömomentti on tärkeä suure koneensuunnittelussa. Sitä esiintyy aina, kun on pyöriviä komponentteja. Momentin mittaus on tärkeää esimerkiksi sekoittimissa, kuljettimissa, ajoneuvotekniikassa ja prosessinhallinnassa. Momentin mittaamiseen käytetyt mittausten menetelmät ovat sähkötehosta laskeminen, rasitusmittaus ja kulmamittaus. (1, s. 9 - 10; 2, s. 153.)



Kuva 1. HBM:n valmistama venymäliuskatekniikkaan perustuva momenttianturi (5).

Momentin mittauksen periaatteet

Momenttia voidaan mitata laskemalla se sähkötehon avulla.

Sen määrittämiseen tarvitaan sähköteho ja pyörimisnopeus, joiden selvittäminen on helppoa modernien mittalaitteiden avulla. Mittalaitteet ottavat myös huomioon muita tekijöitä, joiden avulla momentin arvo korjataan tarkemmaksi.

Tämä menetelmä on parhaimmillaan silloin, kun prosessissa on tarpeellista seurata muitakin suureita kuin momenttia. Sen haittapuolena on se, ettei sen tarkkuus ole mittausten menetelmien parhain. Momentin määrittäminen laskennallisesti tehosta ja pyörimisnopeudesta onnistuu vain, jos tapahtuu pyörimistä. Jos moottoriin ajetaan sähkötehoa, mutta moottori ei pyöri, ei synny matematiikan mukaista ääretöntä vääntömomenttiä. Tällöin moottorissa syntyy lämpöä ja joskus savua. (1, s. 13.)

Rasitusmittauksessa ei mitata akselia vääntävää momenttia vaan vääntömomenttiä, joka vaaditaan pyörimisliikkeen pysäyttämiseen. Se perustuu Newtonin kolmanteen lakiin, jonka mukaan jokaisella voimalla on yhtä suuri, mutta vastakkaissuuntainen vastavoima. Rasitusmittausmenetelmällä voidaan mitata joko vipuvarren, rasitusmomenttianturin tai voiman kompensaaion avulla. Vipuvarren avulla mittaus toteutetaan pyörivään osaan liitettyllä jarrulla, jossa on vipuvarsi. Vipuvarren päässä on voima-anturi, jonka avulla määritetään pyörivää osaa vääntävä momentti. Menetelmä sisältää suuria massoja, jotka toimivat alipäästösuodattimena. Mittausmenetelmä ei sovellu dynaamisten momenttien mittaamiseen suurien massojen vuoksi. Rasitusmomenttianturi yhdistää mittalaitteen ja laakerin ominaisuudet yhteen laitteeseen. Pyörivä akseli menee anturin läpi, ja anturi seuraa pyörimisliikkeen pysäyttämiseen tarvittavaa momenttia. Voiman kompensaaio -periaatteessa pyritään vastustamaan pyörimisliikettä esimerkiksi moottorin avulla. Mitä suurempi on vääntömomentti, sitä suurempi vastus tarvitaan, jottei pyörimisliikettä tapahtuisi. Tarvittavan vastuksen suuruuden avulla voidaan määrittää vääntävä momentti. (1, s. 13 - 16; 3, s. 6.)

Kulmamittausperiaatteessa mitataan vääntömomenttiä väännön aiheuttaman vääntökulman avulla. Kun akselia väännetään, siihen tulee elastinen muodonmuutos ja akselin toinen pää kiertyy. Tätä kiertymää kutsutaan vääntökulmaksi, ja se on suoraan verrannollinen vääntömomenttiin. Menetelmä vaatii riittävän pitkän vääntövarren, jonka avulla vääntökulma mitataan (2, s. 153). Momentin kulmamittaus suoritetaan venymäliuska-anturilla tai korkeataajuuspuolien avulla. Yleisemmin käytettyjä ovat venymäliuska-anturit (kuva 1), joita käytetään venymän mittaamiseen. Venymäliuska-anturit asennetaan tavallisesti akselille 45° kulmaan Wheatstonen siltakytkentään.

Siltakytkentä vaatii usean venymäliuskan, ja sitä käytetään mittaustarkkuuden parantamiseksi ja häiriöiden poistamiseksi. Venymäliuska-anturit ovat todella tarkkoja, mutta niihin ei saa kohdistua ylirasitusta, jotta ne eivät mene rikki. Kulmamittaus korkeataajuuspuolien avulla toteutetaan akselille asennettavien rakolaippojen avulla. Laipoissa on monta riviä rakoja, ja kun akseliin tuodaan vääntöä, raot eivät ole enää yhdensuuntaisesti. Tällöin puolet havaitsevat vääntökulman vaihe-erona, joka on verrannollinen vääntömomenttiin. (1, s. 18, 26; 2, s. 154; 4, s. 2.)

Mittaustiedon tallentaminen tietokoneelle

Mittalaitteet antavat informaatiota, mutta sitä täytyy usein käsitellä, jotta siitä saadaan käyttökelpoista (kuva 2). Esimerkiksi sähkötehoon perustuvassa momentin mitauksessa tiedonkäsittelylaite saa tietoonsa sähkötehon, pyörimisnopeuden ja muita parametreja. Tiedonkäsittelylaitteella on laskentakaavat ja korjauskertoimet, ja se yhdistää mitatut suureet aikaan. Sen jälkeen tieto voidaan tallentaa tietokoneelle ja tiedetään esimerkiksi vääntömomentti ajan funktiona. Rasitusmittauksessa mittausinformaatio saadaan sähköjohtoa pitkin ja informaatio vaatii usein tiedonkäsittelylaitteiston, ennen kuin mittaus tieto voidaan tallentaa tietokoneelle. Voiman kompensatio -mittaus vaatii kalibroinnin ja testejä ennen mittauksen tallentamista tietokoneelle. Korkeataajuuspuolien avulla saatu vaihe-ero ja vääntömomentti ei ole helppoa saada tietokoneelle tallennettavaan muotoon. Venymäliuska-antureita käytettäessä pienet venymät aiheuttavat vain pienen resistanssin muutoksen, joten signaalia täytyy vahvistaa. Sen jälkeen signaalia on käsiteltävä tiedonkäsittelylaitteistolla, ennen kuin on mahdollista tallentaa mittaus tieto tietokoneelle. Venymäliuska-antureiden antama signaali saadaan kerättyä langattomasti liukurenkain tai johdoin (1, s. 26).



Kuva 2. Raakadataa täytyy usein käsitellä, jotta saadaan käyttökelpoista mittausinformaatiota (6).

Jokainen mittausperiaate ei sovellu jokaiseen mittaustilanteeseen

Momentin mittaamiseen on useita tapoja. Mittauslaitteet ovat usein kalliita, ja siksi mittausmenetelmä on valittava tarkasti sovelluksen mukaisesti. Jokainen mittausperiaate ei sovellu jokaiseen mittaustilanteeseen, ja on selvítettävä, millaisiin mittatarkkuuksiin halutaan päästä. On myös otettava selvää, tarvitseeko mittaus onnistuakseen muita komponentteja tai tiedonkäsittelylaitteita. Usein ei ole mahdollista käyttää mittalaitteista saatua raakadataa sellaisenaan, joten on hyvä perehtyä myös mittaussysteemin muihin osiin, jotta tarkka mittaus tieto saadaan tallennettua tietokoneelle.

Opinnäytetyössä päädyttiin tekemään prototyyppi, joka toimii voiman kompensointiperiaatteella. Se tuotti avainta kierrettäessä käytettävää momenttia vastustavan vääntömomentin Arduino-kontrollerin ohjaamalla sähkömoottorilla. Kontrollerin ohjauksessa käytetty momenttitieto on tietokoneelle siirtokelpoista mittausdataa.

Lähteet

1. Schicker, Rainer – Wegener, Georg. Measuring Torque Correctly. HBM.
2. Autoteknillinen taskukirja. 2003. Bosch. 6. painos. Jyväskylä: Autoalan koulutuskeskus Oy.
3. Wahlberg, Rasmus 2018. Torque Measurement. A Study on Different Measurement Methods for IC Engines. Opinnäytetyö. Vaasa: Yrkeshögskolan Novia, kone- ja tuotantotekniikan osasto.
4. Venymäliuska. 2007. Virikemateriaalia opettajalle. Teknologiakasvatus NYT! Saatavissa: <https://www.oulu.fi/teknokas/tehtavakortit/venymaliuska.pdf>. Hakupäivä 3.4.2019.
5. T21WN Torque Transducer: Torque Measurement up to 200 Nm. HBM. Saatavissa: <https://www.hbm.com/en/7343/t21wn-torque-meter-with-cylindrical-shaft-stubs/>. Hakupäivä 3.4.2019. 6. Half Shaft Torque Measurement Systems. ATi. Saatavissa: <https://www.atitelemetry.com/product/half-shaft-torque-measurement-systems/>. Hakupäivä 3.4.2019.