



## OIKEANLAINEN JOUSITUS TAKAA TASAISEMMAN KYYDIN

Teksti Arto Laamanen, Technology Manager, Hydac Oy

Ilman jousitusta moni liikkuva työkonne olisi epämukava ja vaarallinen ajaa. Lisäksi EU-direktiivi määrittelee raja-arvot kuljettajaan kohdistuville tärinöille työpäivän aikana, joten konevalmistajat hyödyntävät erilaisia jousitusjärjestelmiä värähtelyjen ja tärinöiden vaimentamiseen sekä ajo-ominaisuuksien parantamiseksi.

Tärinädirektiiviä ei ole suoraan kohdistettu työkonnevalmistajille, mutta välillisesti sitäkin enemmän. Jos työntekijä ei voi liian korkeiden tärinäarvojen takia tehdä täyttä työpäivää, kannustaa se työnantajaa hankkimaan vain sellaisia työkonneita, joilla direktiivin raja-arvot eivät ylitä.

Työkonneiden värähtelyjä ja tärinöitä voidaan vähentää akselistojen tai ohjaamon jousituksella. Jousitusjärjestelmä voi olla mekaaninen, pneumaattinen tai hydropneumaattinen. Mekaaninen jousitus on yleisesti käytössä esimerkiksi henkilöautoissa, sillä se on melko yksinkertainen toteuttaa ja hankintahinta on edullinen. Kaikkiin työkonneisiin se ei kuitenkaan sovellu, sillä kuormitukset ovat työkonneissa suurempia ja ne vaihtelevat enemmän. Lisäksi tarvetta voi olla automaattiselle tasonsäädölle ja erilaisille ajomoodeille alustasta, kuormasta ja ajonopeudesta riippuen. Pneumaattinen jousitus mahdollistaa monipuolisen säädettävyyden, mutta suurten kuormitusten yhteydessä jousitus sylinterit joudutaan mitoittamaan isokokoisiksi, koska painetasoa ei voi nostaa kovin korkeaksi.

Jos halutaan kompakti jousitusjärjestelmä hyvällä säädettävyydellä, ensisijaiseksi vaihtoehdoksi nousee hydropneumaattinen jousitus. Korkeamman painetaso ansiosta jousitus sylinterien männän halkaisijat ovat maltillisia mahdollistaen asennuksen ahtaisiin paikkoihin.

### Hydropneumaattinen jousitus

Olenaisena osana nykyaikaista jousitusjärjestelmän kehitystyötä ovat monipuolinen laskentaohjelmien ja simulointien hyödyntäminen. Lopullinen jousitusjärjestelmän virittely vaatii kuitenkin edelleen testaamista. Ajo-ominaisuudet puoltavat jäykkää jousitusta, kun taas ajomukavuuden puolesta pehmeämpi jousitus olisi parempi. Jousitus onkin usein kompromissi eri ominaisuuksien välillä, joten järjestelmän lopulliset asetusarvot vaativat vielä myös niin sanotun takapuolituntuman käyttöä koeajojen yhteydessä.

Jos mekaanisessa jousitusjärjestelmässä vääntö-, kierre- tai lehtijousen mitoitus on olennaisessa osassa, niin hydropneumaattisessa järjestelmässä vastaavassa roolissa on paineakku ja jousitus sylinteri. Paineakun korkeapaineinen typpikaasu toimii jousena, johon hydraulioöljy välittää voiman jousitus sylinteriltä. Paineakun koko pitää olla mitoittettuna siten, että saavutetaan jousitus sylinterin haluttu maksimiheilahdusmatka. Lisäksi paineakun esitäyttöpaine pitää olla sellainen, että halutut ominaisuudet saavutetaan erilaisilla kuormituksilla eri lämpötiloissa. Paineakun ja sylinterin ohella tarvitaan vielä vähintään jonkinlainen kuristus tai virransäätöventtiili, jolla määritellään vaimennus.

Jos jousitusjärjestelmään halutaan lisää ominaisuuksia, voidaan passiivisen järjestelmän sijaan

toteuttaa adaptiivinen, puoliaktiivinen tai aktiivinen jousitus. Ohjelmoitava aktiivinen jousitus tarjoaa monipuolisimmat ominaisuudet, mutta samalla se on monimutkaisin ja kallein toteuttaa. Se vaatii sähköisesti ohjattuja venttiileitä, asemamittauksen, säätimen ja kytkennän hydraulijärjestelmään. Eikä lisäkustannus rajoitu pelkästään hankintahintaan vaan aktiivinen jousitus vaikuttaa myös työkonneen energiankulutukseen. Polttomootorikäyttöisissä työkonneissa tämä ei välttämättä näy merkittävästi polttoaineenkulutuksessa, mutta sähköajoneuvoissa kaikki ylimääräiset energiahäviöt halutaan herkemmin minimoida rajallisen akkukapasiteetin takia. Aktiivisenkin jousituksen energiankulutusta voi pienentää, jos järjestelmä toteutetaan oikein.

Hydropneumaattisella jousituksella saadaan parannettua kuljettajan työomukavuutta ja -turvallisuutta, kun värähtelyt ja työkonneen kallistelut voidaan minimoida. Jousitus myös pienentää renkailla kohdistuvaa kuormitusta ja vähentää työkonneen mekaniikan rasituksia, joten jousituksella ei pelkästään paranneta kuljettajan olosuhteita vaan sillä voi olla positiivinen vaikutusta myös työkonneen kunnossapitokustannuksiin ja elinikään.

### Kaivosajoneuvon jousituksen päivitys

lisäseläisen Normet Oy:n kaivosajoneuvot toimivat haastavissa olosuhteissa maanalaisissa tunneleissa. Ajoväylät ovat kaikkea muuta kuin tasaiseksi siloteltua asfalttia, joten ajoneuvot ja kuljettajat altistuvat tärinöille ilman jousitusta.

Akselijousitusta on kehitetty Normetilla jo noin kymmenen vuoden ajan ja se on alkanut yleistyä kovaa vauhtia myös kaivoslaitteissa. Ensimmäisissä versioissa työkonneiden hydropneumaattisen jousituksen tasonsäätö oli toteutettu mekaanisena takaisinkytkentänä jousituksen säätöventtiilille. Tärinän seurauksena venttiilin luisti oli jatkuvassa edestakaisessa liikkeessä ajon aikana. ”Venttiili kului käytössä nopeasti ja järjestelmä hukkasi energiaa, joten meidän piti löytää jousitukseen parempi ratkaisu”, kertoo Normet Oy:n tuotelinjajohtaja Herkko Juntunen. Vanhan järjestelmän ongelmat eivät rajoittuneet vain toimintaan. Juntusen mukaan järjestelmän asentamiseen sekä hienosäätöön meni tuotantolinjalla runsaasti aikaa.

Uusi järjestelmä toteutettiin sähköisesti ohjattuilta venttiileillä, sähköisellä asemamittauksella ja säätökoodilla. ”Uuden järjestelmän myötä saatiin uusia ominaisuuksia jousitukseen ja tasonsäätökin toimii paremmin kuin ennen. Lisäksi tuotantolinjalla asennukseen kuluva aika on saatu lyhennettyä”, esittelee Juntunen yhteenvetona jousitusjärjestelmän kehitystyön tuloksista.

Ajoneuvon uudistettu jousitus on nyt sellainen, että se vaimentaa tehokkaasti renkailla tulevia tärinöitä ja kiihtyvyyksiä. Tämä vähentää rakenteiden väsymistä, mutta ennen kaikkea parantaa ajomukavuutta ja -turvallisuutta.



Normetin uusi jousitustestirata [kuva Normet]

Jousitusjärjestelmien tuotekehitystä ja lopputestausta varten Normet rakennutti hiljattain tehtaalle oman jousitustestiradan, jolla voidaan simuloida kaikkein huonokuntoisimpiakin kaivosteitä. ”Olemme havainneet radan erittäin hyödylliseksi jousituksen kehityksessä ja sen ansiosta kaikki valmistuvat laitteet saadaan nykyään testattua saman protokollan mukaan. Radassa on lisäksi lämmitys, jolla se saadaan pidettyä sulana talvelakin.”, kertoo Herkko Juntunen Normetin uusimasta panostuksesta jousitusjärjestelmien kehitykseen liittyen.

” Jos työntekijä ei voi liian korkeiden tärinäarvojen takia tehdä täyttä työpäivää, kannustaa se työnantajaa hankkimaan vain sellaisia työkonneita, joilla direktiivin raja-arvot eivät ylitä.