



KAMK

TUULITUO – koulutukset

Tuulivoiman kunnonvalvonta

Riikka Korhonen

KAMK TUULITUO -koulutukset

1. Tuulivoima sähköntuotantomuotona (1 op)
2. Tuulivoimapuiston kunnossapidon johtaminen (2,5 OP)
- 3. Tuulivoiman kunnonvalvonta (2,5 OP)**
 - Kunnonvalvonnan perusteet
 - Kunnonvalvontamenetelmät
 - Digitaaliset ratkaisut, digitalisaatio



Tekoälyn generoima kuva, tuulivoimapuisto

KAMK Mitä kunnonvalvonta on?

Toiminta, jolla havainnoidaan ja seurataan kohteen tilan ominaisuuksia ja parametrejä. Voi olla joko jatkuvaa, määrätyn väliajoin tai tietyn käyttömäärän jälkeen tehtävää.

Huomautus 1

Kunnonvalvonnan toimenpiteet voivat olla mittaavaa tai aistihavaintoihin perustuvaa.

Huomautus 2

Esimerkiksi koneen kuntoa ilmaisevien tietojen ja datan selville saanti, keruu ja seuranta. (PSK 6201)

KAMK Kunnonvalvonta

- Kun koneiden ja laitteiden vikaantuminen halutaan ehkäistä tarvitaan, erilaisia kunnonvalvontamenetelmiä
- Oikean menetelmän valitsemiseksi pitää tuntea kohde, sen osat ja tehtävät ja mikä aiheuttaa vikaantumisen, vikaantumismallit
 - Vikaantuminen on tapahtuma joka johtaa vikatilanteeseen eli vaikuttaa kohteen suorituskykyyn haitallisesti
 - Vikaantumismalli on menetelmä, jolla vikaantuminen tapahtuu, ne on tunnettava, jotta kunnossapito toimii

KAMK Kunnonvalvonta

- Koneiden ja laitteiden vikaantuvat komponentit ja todennäköiset vikaantumismekanismit määrittävät ne kunnonvalvontatekniikat ja menetelmät joita kunnonvalvonnassa hyödynnetään
- Todennäköiset vikaantumisnopeudet määrittävät miten ja millä aikataululla valvonta tulee toteuttaa
- Kokonaisvaltainen kunnossapito edellyttää, että kohteen kuntoa valvotaan useilla eri menetelmillä
- Erilaiset värähtelymittaukset perinteisiä kunnonvalvonnan menetelmiä, lisäksi mm. visuaaliset tarkastukset, lämpötilan seuranta, öljyanalyysit ja sähkötekniset kunnonvalvonta menetelmät ovat yleisiä

KAMK Kunnonvalvonnan taso, tekniikat ja menetelmät

- Jokaiselle laitteelle määritellään riittävä kunnonvalvonnan taso
- Selvitetään voidaanko kunnonvalvonta toteuttaa ennalta asetettujen tavoitteiden mukaisesti
 - yksinkertaiset tarkastukset ja mittaukset vai
 - pitääkö soveltaa tarkempaa valvontaa
- Mikäli todennäköiset vikaantumismekanismit ovat sellaisia, että jokin tekniikka tai menetelmä ei pelkästään sovellu, arvioidaan olisiko joku toinen menetelmä tai näiden yhdistelmä paras
- Tarkastus ja mittaustuloksista on aina saatava luotettava reaaliaikainen tieto koneen sen hetkisestä kunnosta ja kunnan kehitystä on voitava ennakoida riittävällä tarkkuudella
- Laitteen kunnonvalvonta on järkevää, kun valvonnan kustannusvaikutukset ovat pienemmät kuin laitteen vaurioitumisesta aiheutuvien tuotannonmenetysten ja kunnossapidon kustannusvaikutukset

KAMK Kunnonvalvonnan mittaukset

- Mittaukset toteutetaan laaditun mittaus suunnitelman mukaisesti yleensä reittimittauksina ja tuloksia verrataan hälytysajoihin sekä aiempiin mittaustuloksiin
- Mittausreitti määrittää laitteiden ja mittauspisteiden mittaussjärjestyksen
 - mittaustieto saadaan kerättyä määrävälein järkevässä järjestyksessä
- Säännölliset mittaukset toteutetaan yleensä seuraavin tavoin:
 - Kiinteä järjestelmä (on-line)
 - tärkeät laitteet, lyhyt mittausväli
 - suuri kuormitusvaihtelu
 - Puolikiinteä järjestelmä
 - Kohteet joiden luoksepääseminen hankala
 - kiinteät anturit kohteissa, johdotus mittausspaneelille, kannettavalla mittarilla mittausspaneelista
 - Kannettava mittauslaite
 - määräajoin muut laitteet, jotka ovat mittaustoiminnan piirissä

KAMK Oireiden tunnistaminen ja vianmääritys

- Vikojen selvittämiseksi oireiden määrittäminen ja diagnoosi
- Jokainen vika aiheuttaa mittauksiin sille tyypillisiä oireita
- Viat tunnistetaan oireiden perusteella
- Diagnoosia vaikeuttaa samojen oireiden liittyminen useaan vikaan
- Yhteen vikaan voi liittyä toisaalta useampia oireita
- Diagnoosissa huomioitava myös prosessin ja käyttöolosuhteiden vaikutus
- Diagnoosia voidaan tarkentaa käytössä olevan historiatiedon ja laitevalmistajilta saadun tiedon avulla

KAMK Kunnonvalvontamenetelmiä

Olemassa lukuisia erilaisia kunnonvalvontamenetelmiä, tyypillisiä esimerkiksi

- Värähtelymittaus
- Aistinvaraiset menetelmät
- Voiteluaineanalyysit
- Lämpötilanmittaus
- NDT-menetelmät
- Ultraäänimittaukset

...ja näiden eri sovellukset

KAMK Kunnonvalvonnan tavoitteet

- Saadaan mahdollisimman luotettava ennuste jäljellä olevasta käyttöiästä
- Hyödyntäen
 - mittauksia
 - historiatietoja
 - mallien yhdistämistä ja
 - analysointia
- Mahdollistaen
 - oikeiden ja oikea-aikaisten käyttö- ja kunnossapitotoimenpiteiden valinnan ja toteuttamisen
 - suunnittele mattomien seisokkien välttämisen

KAMK Kunnonvalvonnan hyödyt

- Kunnossapidon optimointi
- Kohteen elinjakson piteneminen
- Vikaantumistaajuuden kasvu / vikaantumisvälien pidentyminen -> vikaantuminen vähenee
- Vähemmän tuotantokatkoja

KAMK Työkalut ja teknologiat, digitalisaatio

Mitä on digitalisaatio kunnossapidossa / kunnonvalvonnassa ja mitä se mahdollistaa?

- IoT Internet of Things
- VR/AR –todellisuus, reaaliaikainen etätuki
- Vuorovaikutteiset kuvat ja videot
- Digitaalinen kaksonen jne.

KAMK Työkalut ja teknologiat, digitalisaatio

Mitä on digitalisaatio kunnossapidossa / kunnonvalvonnassa ja mitä se mahdollistaa?

- IoT Internet of Things
- VR/AR –todellisuus, reaaliaikainen etätuki
- Vuorovaikutteiset kuvat ja videot
- Digitaalinen kaksonen

KAMK Teollinen Internet, Internet of Things

IoT

- Älykkäät laitteet kentällä – laitteet keräävät dataa kohteen tilasta ja hyödyntävät analytiikkaa
- Sen avulla voidaan ennakoida/ennustaa kunnossapidon tarpeita – kuntoon perustuva kunnossapito toteutuu
- Datan analysointi laitteessa/sovelluksessa
- Mahdollistaa laitteiden tilan ja tilaa koskevien muutosten reaaliaikaisen seurannan ja parantaa kunnossapidon palvelujen laatua ja hyötyjä
- Koko laitekannan käynnissä- ja kunnossapitoa voidaan kehittää saatavan datan ja analytiikan avulla
- Saatava tieto voi koskea laitteiden kuntoa, käyttöä, tilaa ja virhetilanteita, tieto kertoo esim. prosessin kunnosta, tilasta ja ongelmista jolloin sen avulla voidaan tehdä arvion esim. prosessin kapasiteetista, käyttöasteesta, läpimenoajoista jne.
- Esimerkki [Diditan IoT ratkaisut sähköverkkoyhtiöille](#)

KAMK VR/AR -todellisuus

- VR/AR -todellisuus, virtuaali- ja lisättytodellisuus, tullut/tulossa myös kunnossapitoon
- Virtuaalitodellisuus, VR, virtual reality
- Laajennettu-/täydennettytodellisuus, AR, augmented reality
- Virtuaalitodellisuudessa käyttäjä toimii täysin keinotekoisessa ympäristössä
- Lisätyssä todellisuudessa taas käyttöliittymät, tiedot ja kolmiulotteiset mallit on visualisoitu käyttäjän todelliseen ympäristöön älypuhelimien, tablettien tai AR-lasien avulla

- Esim. VR-lasit turvallisuudessa TTL [Virtuario](#)

KAMK Digitaalinen kaksonen

- Digitaalinen kaksonen (Digital Twin) tarkoittaa esimerkiksi tuotantokoneen virtuaalista kopiota
- Tietokoneella tehty kopio voi mallintaa suuriakin kokonaisuuksia, kuten tehdassalia koneineen, tuotantoprosesseineen, järjestelmineen ja työntekijöineen
- Voidaan seurata reaaliajassa koneiden tehoja, lämpötiloja, rakenteiden jännitteitä ja vaikkapa kuluvien osien rasituksia
- Kopioista saatu data on visualisoitu pitkälle viedyissä järjestelmissä yhdellä silmäyksellä ymmärrettäväksi, datasta nähdään, miten tuotantoa voidaan tehostaa esimerkiksi puuttamalla koneiden käyttöasteisiin tai häiriötä ennakoiviin tilanteisiin
- Digitaalisen kaksoksen avulla voidaan myös suunnitella ja testata kustannustehokkaasti ja turvallisesti sellaista, mitä ei vielä ole olemassa, esimerkiksi tehtaan laajentamista. Mallinnoista nähdään, miten tuotantolinjat, työntekijät, robotit ja trukit mahtuisivat toimimaan suunnitellussa tilassa, tai miten hajautunut hukkalämpö on tehokkaimmin siirrettävissä takaisin kiinteistön energiajärjestelmään

KAMK Tekoäly (AI, Artificial Intelligence)

- Voidaan hyödyntää spesifien tehtävien ratkaisuisissa myös kunnossapidossa
- Tarkoitetaan esim. älykästä toimintaa koneen tai ohjelmiston tekemänä, ilman ihmisen vaikuttamista tai koneen tai ohjelmiston toimintaa, joka jäljittelee ihmisen kognitiivisia toimintoja kuten oppimista ja ongelmanratkaisua
- Jaetaan heikkoon ja vahvaan tekoälyyn
- Tekoäly kunnossapidossa – datan tehokas hyödyntäminen
 - esim. analyysit ja ennusteet kohteen vikaantumisesta, eliniästä
 - ennakoivasta -> ennustavaan

KAMK Lähteitä

- Kunnossapidon vuosikirja 2019, Promaint
- Kunnossapidon vuosikirja 2022, Promaint
- Kuntoon perustuva kunnossapito, Järviö, J., Lehtiö, T 2017, Promaint
- Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen, Mikkonen, H. Promaint
- Tehokas kunnossapito, Hannu S. Laine, Promaint
- PSK 6201 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. 2022
- PSK 5705 Kunnanvalvonta. Värähtelymittaus. Mittaustoiminnan suunnittelu. 6. painos. 14 s. 2024
- EN 13306 Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia
- <https://suomenuusiutuvat.fi/>
- <https://www.digita.fi/etusivu/palvelut-yrityksille/digitan-iot-palvelut/sahkoverkko/>
- <https://www.digita.fi/etusivu/palvelut-yrityksille/digitan-iot-palvelut/sahkoverkko/>
- <https://www.realwear.com/>
- <https://akconsulting.fi/index.php/edustukset/> video
- Promaint 2/2024 Tekoäly ja kunnossapito osa1
- Promaint 3/2024 Tekoäly ja kunnossapito osa2
- Promaint 3/2022 Digitalisaatio

KAMK

Tuulivoima-alalle tekijöitä ja uutta osaamista Kainuuseen
- TUULITUO



Rahoittaja

Jatkuvan oppimisen ja
työllisyyden palvelukeskus



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU