



Professionele Bachelor Elektromechanica Onderhoudstechnologie



ENERGIE-EFFICIËNTIE VAN PRODUCTIEMACHINES

Mattias Deckmyn

Promotoren:

ing. Ilona Stouten

ing. Gwen Vanheusden

PXL Xmain

Hogeschool PXL

ENERGIE-EFFICIËNTIE VAN PRODUCTIEMACHINES

Mattias Deckmyn

Abstract

Titel:

PWO EE: Energie-efficiëntie van productiemachines

Door:

Mattias Deckmyn

Promotoren:

ing. Ilona Stouten

PXL Xmain

ing. Gwen Vanheusden

Hogeschool PXL

In het departement PXL-Tech van de hogeschool PXL bevindt zich de onderzoekscel, Xmain. In deze onderzoekscel werken 2 studenten aan een onderzoek rond energie-efficiëntie en conditioning monitoring, dit aan de hand van 3 testopstellingen. De opstellingen bestaan uit een motor-generator opstelling, een pompopstelling en een compressoropstelling.

Deze scriptie is een verslag van verschillende proeven uitgevoerd op deze drie testopstellingen met als doel aan te tonen hoeveel rendementsverlies er optreedt in een motoraandrijving door één fout, of een combinatie van fouten.

De motor-generator opstelling bestaat uit 2 motoren die aan elkaar gekoppeld zijn met hiertussen een koppelmeter en mogelijk nog een reductiekast. Het gaat om 2 motoren met verschillende energieklassen, namelijk IE2 (hoge efficiëntie) en IE3 (premium efficiëntie). Het doel is het meten van het rendement bij verschillende opstellingen (vast gemonteerd, verstelbaar gemonteerd) en de invloed van verschillende fouten zoals uitlijningsfouten, onbalans, hoog efficiënte lagers, hoog efficiënte olie in de reductiekast, e.d. Uit de rendementsmetingen worden ISO rendementscurves opgesteld, en de resultaten worden vergeleken met elkaar.

De pompopstelling bestaat uit 2 waaierpompen aangedreven door 2 identieke motoren. De pompen kunnen zowel in serie als parallel geschakeld worden, zodat we kunnen zien wat het verschil is in respectievelijk druk en debiet. De bedoeling is ook het rendement van de motor te meten op de motor-generator opstelling, om zo het optimale werkpunt (snijding pomp- en leidingkarakteristiek) te bepalen.

De compressoropstelling bestaat uit een schroefcompressor met een verbruiksunit. Hier zijn in de voorgaande jaren testen op uitgevoerd omtrent de kost van persluchtlekken. De opdracht hier is de motoraandrijving van de compressor na te bouwen en deze op te meten op onze motor-generator opstelling zodat we ook voor deze motor ISO-rendementscurves kunnen bepalen en dit zowel belast als onbelast en al dan niet correct uitgelijnd.

Deze bachelorproef geeft de resultaten weer in zake energie-efficiëntie en welke factoren hier invloed op hebben. De winstmarges bij aanpassing van de machine, zoals betere lagers en andere oliën, zijn zoals te verwachten maar zijn niet zo groot als voorgeschreven op papier. Deze afwijkingen en factoren zullen één voor één besproken worden.



Dankbetuiging

Als eerste zou ik graag mijn ouders willen bedanken omdat ik dankzij hen deze studie heb kunnen beginnen en zij mij altijd gesteund hebben gedurende deze periode.

Daarnaast zou ik ook graag Mevr. Ilona Stouten willen bedanken voor de kans om van dit project mijn eindwerk te maken, voor de uitstekende begeleiding tijdens dit project en voor de hulp bij het voltooien van mijn bachelorproef.

Ook zou ik graag Dhr. Gwen Vanheusden willen bedanken voor de begeleiding en ondersteuning omtrent het PLC gebeuren tijdens dit project.

Voor het extra inzicht omtrent onderhoudsaspecten en technieken zou ik graag Dhr. Patrick Pilat willen bedanken.

Dan zou ik ook Mevr. Hannelore Dierickx willen bedanken voor de taalkundige ondersteuning.

Voor het leveren van de motoren wil ik graag Dhr. Dirk Paesen van Emotion bedanken, het voorzien van een reeks lagers om te testen wil ik Dhr. Patrick Lelièvre van SKF bedanken en voor het outilleren van verschillende soorten oliën wil ik graag Dhr. Bram Braem van ExxonMobil bedanken.

Als laatste wil ik Senne Jans bedanken die samen in dit project zit, alsook mijn vriendin Sofie voor de steun gedurende deze periode.

Afkortingen en begrippen

Afkortingen

| | |
|------|---|
| PXL | Professionals Extra Large |
| PWO | Project Wetenschappelijk Onderzoek |
| EE | Energie-efficiëntie |
| ISO | Internationale Organisatie voor Standaardisatie |
| pBa | professionele Bachelor |
| ST | Structured Text |
| IGBT | Insulated Gate Bipolar Transistor |
| IR | Infrarood |

Begrippen

| | |
|-----------------|---|
| Xmain | onderzoeksceel binnen Hogeschool PXL |
| PLC | Programmeerbare Logische Controllers |
| EtherCAT | Ethernet for Control Automation Technology |
| Structured text | programmeertaal waar alles in tekst wordt geschreven |
| GmbH | Gesellschaft mit beschränkter Haftung = Vennootschap met beperkte aansprakelijkheid |
| IEC | International Electrotechnical Commission |

Eenheden

| | |
|-------------------|-------------------|
| Nm | Newtonmeter |
| min ⁻¹ | toeren per minuut |
| V | Volt |
| kW | kilowatt |

Inhoudsopgave

| | |
|--|-----|
| Abstract | i |
| Dankbetuiging | ii |
| Afkortingen en begrippen | iii |
| 1 PXL Xmain..... | 1 |
| 2 Technologieën..... | 2 |
| 2.1 Beckhoff PLC..... | 2 |
| 2.1.1 PLC EK1100 | 2 |
| 2.1.2 Programma en programmeertaal | 2 |
| 2.1.3 Visualisatie..... | 3 |
| 2.2 Variable Speed Drive (VSD) | 6 |
| 2.2.1 Algemeen | 6 |
| 2.2.2 Werking | 7 |
| 2.2.2.1 Geheel | 7 |
| 2.2.2.2 Bruggelijkrichter | 7 |
| 2.2.2.3 IGBT inverter | 8 |
| 2.3 Koppelsensor..... | 8 |
| 2.3.1 Algemeen | 8 |
| 2.3.2 Werking | 9 |
| 2.4 Thermografische camera | 10 |
| 2.4.1 Algemeen | 10 |
| 2.4.2 Werking | 10 |
| 2.5 Inductieverwarmer voor lagers..... | 11 |
| 2.5.1 Algemeen | 11 |
| 2.5.2 Werking | 12 |
| 2.6 Asuitlijnapparatuur en vulplaatjes | 13 |
| 2.6.1 Algemeen | 13 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.6.2 | Werking | 13 |
| 3 | Onderzoeksprobleem | 14 |
| 4 | Testen | 16 |
| 4.1 | Algemeen | 16 |
| 4.2 | Test-opstelling en metingen..... | 17 |
| 4.2.1 | Eerste opstelling..... | 18 |
| 4.2.2 | Tweede opstelling | 19 |
| 4.2.3 | Derde opstelling | 20 |
| 4.2.4 | Uitbreidingen..... | 21 |
| 4.2.4.1 | Hoog efficiënte lagers | 21 |
| 4.2.4.2 | Reductiekast met verschillende type oliën | 21 |
| 4.2.4.3 | Pulleys met riemoverbrenging | 22 |
| 4.2.5 | Resultaten | 23 |
| 5 | Conclusie | 25 |
| | Bibliografie | 26 |
| | Bijlagen..... | 28 |
| | Bijlage a:..... | 28 |
| | Bijlage b:..... | 29 |
| | Bijlage c: | 40 |
| | Bijlage d:..... | 52 |
| | Bijlage e: | 64 |
| | Bijlage f:..... | 76 |
| | Bijlage g:..... | 82 |
| | Bijlage h:..... | 88 |

1 PXL Xmain

Xmain is een onderzoekscel gevestigd in de Hogeschool PXL Limburg, meer specifiek in het departement PXL-Tech. De onderzoekscel bestaat uit een team docenten van de professionele bachelor (pBa) Elektromechanica opleiding. Het team bestaat uit ing. Patrick Pilat, ing. Ilona Stouten en ing. Gwen Vanheusden. Xmain is in 2008 ontstaan uit het onderzoek “Best Practice in Mechanical Conditioning Monitoring”. De belangrijkste doelstellingen in dit onderzoek waren “het ontwikkelen van een flowchart voor het implementeren van condition monitoring” en “een terugkoppeling naar het onderwijs en de bedrijfswereld” [1].

Het tweede onderzoek van Xmain is gestart in 2011 en loopt nog tot eind 2014. Dit onderzoek behandelt de energie-efficiëntie van productiemachines, waar deze bachelorproef ook over handelt. Hier gaat men metingen uitvoeren a.d.h.v. drie verschillende opstellingen en de resultaten hiervan analyseren en terugkoppelen naar de praktijk. Het hoofddoel van dit onderzoek is niet alleen achterhalen of de voorgeschreven specificaties overeenstemmen met de gemeten waardes, maar ook welke invloed het correct onderhoud heeft op de energie-efficiëntie van productiemachines en welke aanpassingen hiervoor gunstig kunnen zijn [1].

Verder behandelt Xmain nog 4 belangrijke takken van de onderhoudswereld, nl.:

- Trillingsanalyse
- Ultrasoonmetingen
- Thermografie
- Olieanalyse

[1].



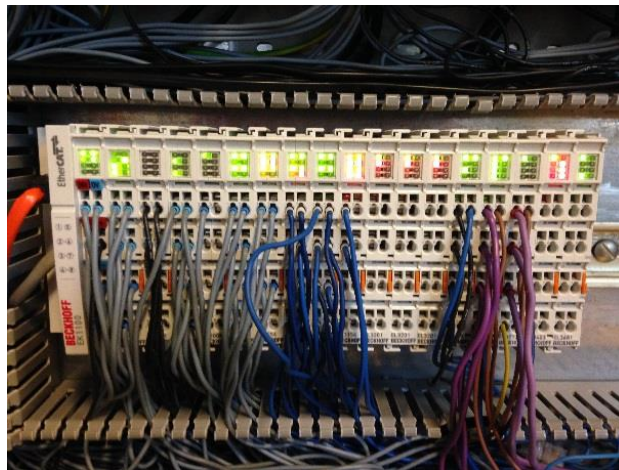
Figuur 1: Energie-efficiëntie [2]

2 Technologieën

2.1 Beckhoff PLC

2.1.1 PLC EK1100

Voor het programmeren van de opstelling werd gebruik gemaakt van een Beckhoff EK1100, welke gericht is voor PC gebaseerde besturingstechniek (datasheet, zie bijlage a). De PLC wordt gekoppeld m.b.v. een ethernet-protocol, genaamd EtherCAT. De PLC heeft, zoals in de onderstaande figuur (Figuur 1) te zien valt, een in- en uitgang voor een ethernetaansluiting. D.w.z. dat de PLC zowel signalen van een PC kan binnen lezen, als signalen kan uitsturen naar een andere, ethernet gekoppelde PLC.

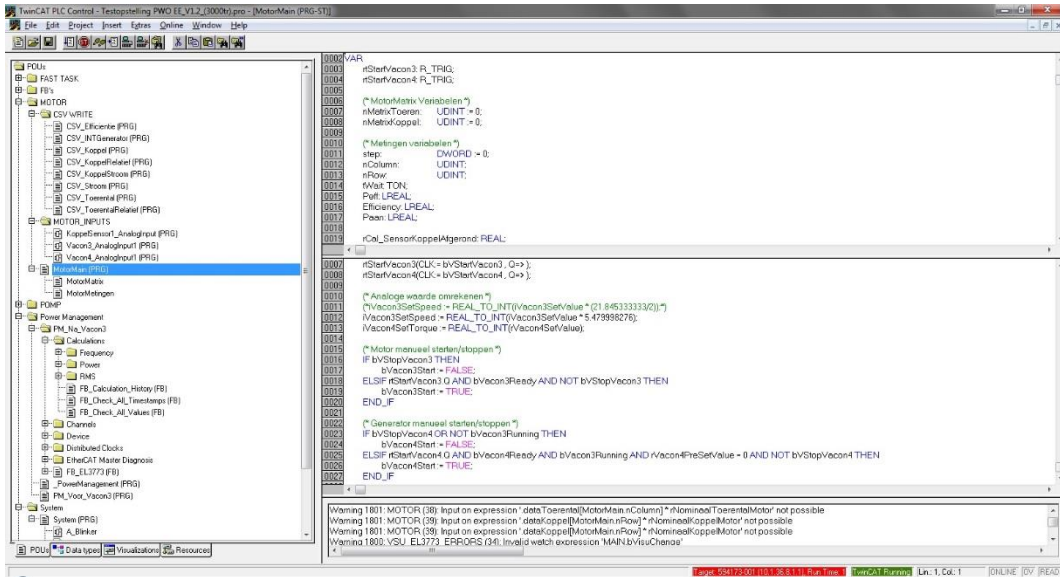


Figuur 2: PLC met klemmen

Dankzij het EtherCAT-protocol was het mogelijk om via de laptop alles te controleren van eender welke plaats in het lokaal (andere lokalen zijn niet mogelijk aangezien deze niet op hetzelfde netwerk zitten).

2.1.2 Programma en programmeertaal

De programmeertaal die gebruikt wordt voor het programmeren van de PLC is "structured text" (ST), zoals geïllustreerd in de figuur (Figuur 3) op de volgende pagina. ST is zeker niet de gemakkelijkste manier van programmeren, maar het biedt wel een duidelijk overzicht omdat men letterlijk kan nalezen wat bij welke stap gebeurt. Dit in combinatie met de nodige opmerkingen maakt het programma zeer overzichtelijk. Het programma wat in deze bachelorproef gebruikt is, was wel reeds geschreven en getest, dus hier zijn telkens maar kleine aanpassingen aan moeten gebeuren voor bv. een ander type motor, toevoeging van reductiekast, e.d. Het programma is zo geschreven dat wel maar telkens één van de drie opstellingen actief kan worden gesteld.



Figuur 3: Programma geschreven in structured text of ST

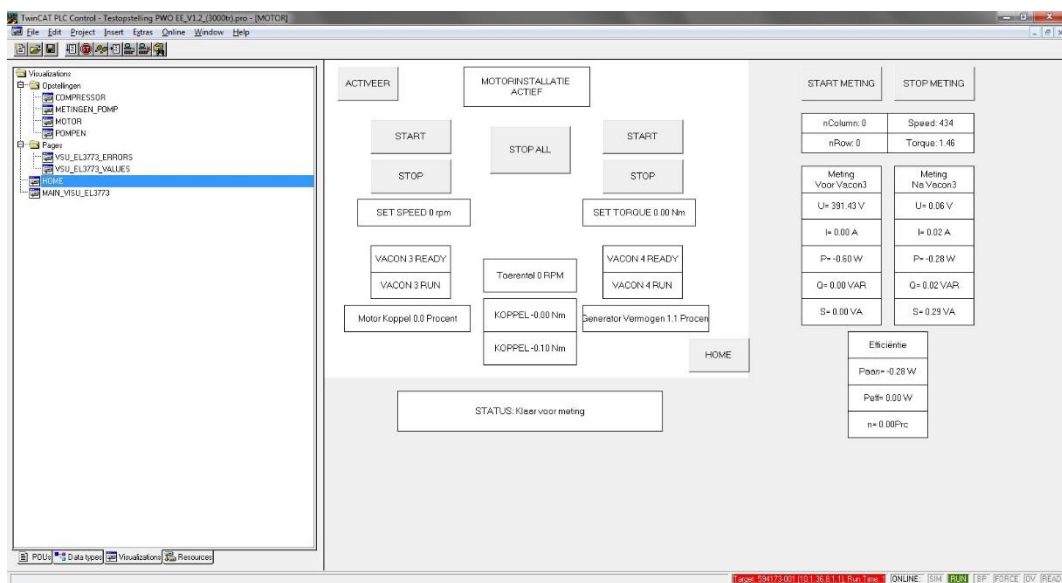
2.1.3 Visualisatie

Voor het besturen van de opstellingen is er een visualisatie voorzien waarmee je rechtstreeks aanpassingen kan doorvoeren, bv. snelheid van de motor veranderen, koppel van de generator veranderen, de pomp(en) meer of minder water laten doorpompen, e.d. De visualisatie zit zeer intuïtief in mekaar en kan dus door praktisch iedereen gebruikt worden. Onderstaande figuur (Figuur 4) toont het “Home” scherm waar de keuze kan gemaakt worden tussen de drie opstellingen.



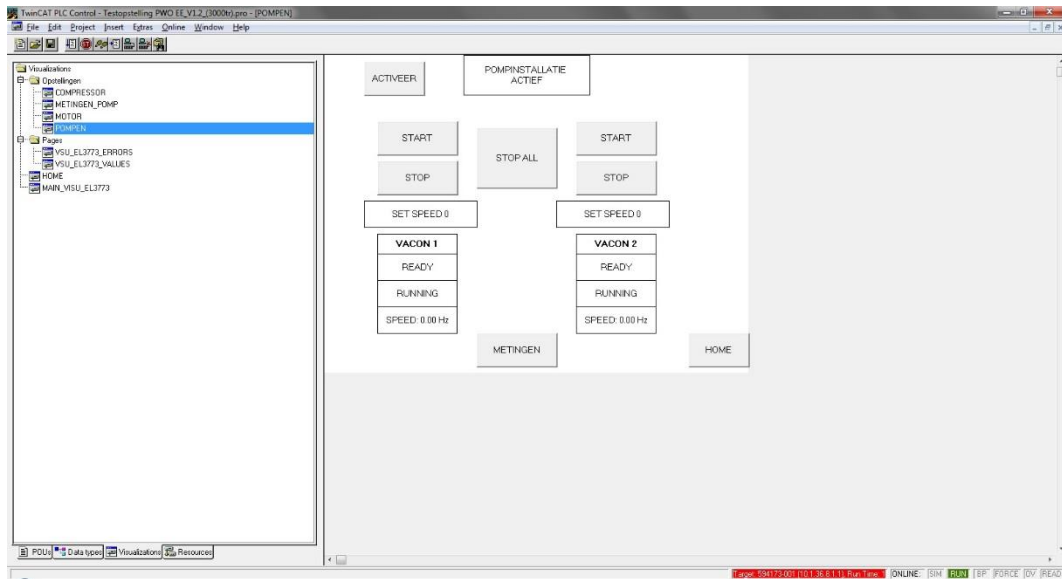
Figuur 4: Home scherm visualisatie

Via de eerste keuzeknop in de onderste figuur op pagina 3 (Figuur 4) “motoren” kan er naar de visualisatie worden gegaan van de motor-generator opstelling, waar men dan verschillende parameters kan instellen, zoals te zien valt in onderstaande figuur (Figuur 5). Voordat de opstelling kan gestart worden, moet deze altijd geactiveerd worden linksboven met de knop “Activeer”, hierna kunnen de gewenste parameters ingesteld worden. De links kolom met “Vacon 3” is voor de motor in motorbedrijf, de rechtse kolom met “Vacon 4” is voor de motor in generator bedrijf. Hier kan dan de gewenste snelheid en koppel instellen. Tussen deze twee kolommen kan men het effectieve toerental, geregeld en gedempte koppel zien. Helemaal rechts zijn er nog twee overige kolommen die de meting starten en stoppen, hier kan men dan de effectieve waardes zien tijdens de meting.



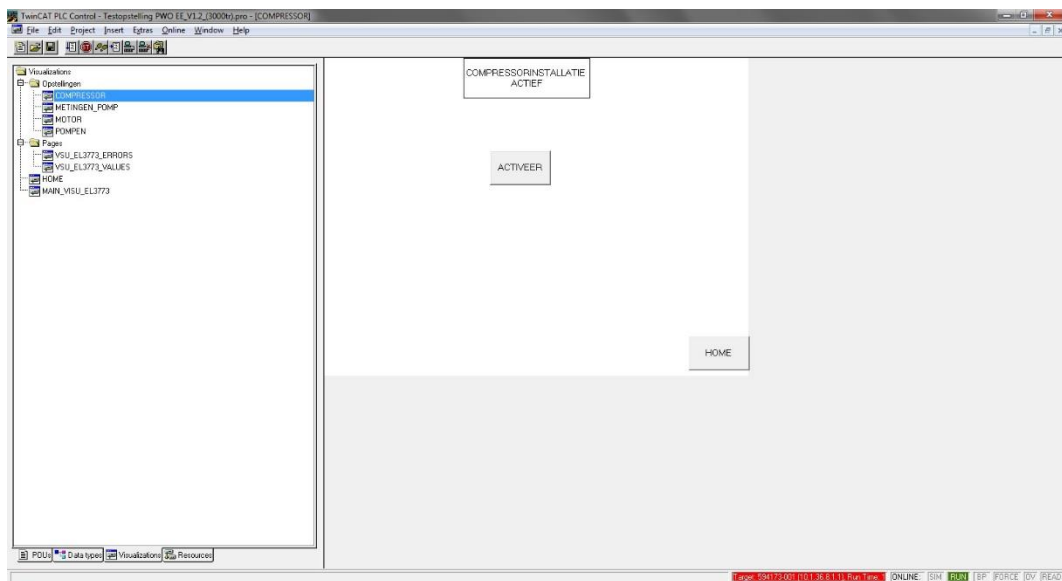
Figuur 5: Visualisatie motor-generator opstelling

Via de tweede keuzeknop in de onderste figuur op pagina 3 (Figuur 4) “pompen” kan er naar de visualisatie gegaan worden van de pompen opstelling, hier kunnen de 2 pompen aangeschakeld worden en de snelheid ingesteld worden, voorgesteld in de figuur (Figuur 6) bovenaan de volgende pagina. De keuze tussen enkel, serie of parallelle werking van de pomp(en) moet handmatig gedaan worden aan de opstelling zelf, dit d.m.v. bepaalde kranen in combinatie open of dicht draaien. De activatie en het starten van de pompen is identiek als bij de motoren.



Figuur 6: Visualisatie pompen opstelling

Via de derde en laatste keuzeknop in de onderste figuur op pagina 3 (Figuur 4) “compressor” kan er naar de visualisatie gegaan worden van de compressor, het enige wat hier mogelijk is, is de compressor activeren, zoals hieronder geïllustreerd wordt in de figuur (Figuur 7). Verder kan er in de visualisatie niks geregeld of ingegeven worden.



Figuur 7: Visualisatie compressor opstelling

2.2 Variable Speed Drive (VSD)

2.2.1 Algemeen

Een “VSD” of “variable speed drive” is niets anders dan een frequentieregelaar. Er is hier gekozen om een frequentieregelaar te gebruiken omdat er boven en onder het nominaal toerental en koppel gewerkt moest kunnen worden. Een frequentieregelaar laat dit toe omdat deze de spanning en de frequentie wat afkomstig is van het lichtnet omvormt naar een regelbare spanning en frequentie. Het type wat voor dit onderzoek gekozen is, is de VACON NX. Het type voor de motor (in motorbedrijf) en de pompen is een NXS, een standaard uitvoering. Het type voor de motor (in generatorbedrijf) is een NXP, dit is een “marine” uitvoering, deze kan een motor in generatorbedrijf aansturen waar de NXS dit niet kan omdat er o.a. meerdere parameters nodig zijn voor in te stellen [3]. Ze zijn wel identiek op het oog, maar het verschil zit hem in de inwendige hardware en software. De in te stellen parameters zijn in te voeren via de PC of via een module voorzien op de frequentieregelaar zelf. Hieronder is een foto te zien van de frequentieregelaar (Figuur 8) en een foto van de bedieningsmodule (Figuur 9).



Figuur 8: Frequentieregelaar Vacon

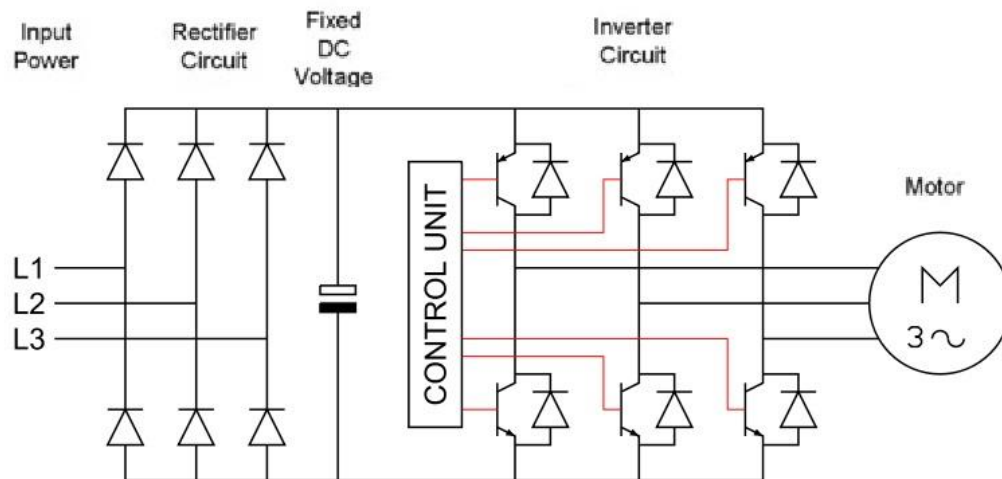


Figuur 9: Bedieningsmodule, close-up

2.2.2 Werking

2.2.2.1 Geheel

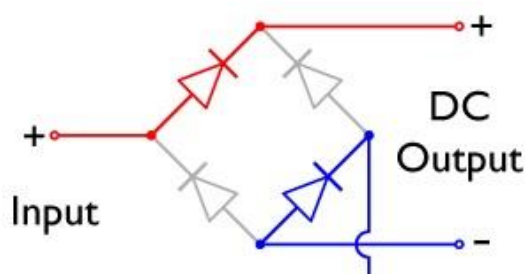
De frequentieregelaar, schematische voorstelling in de onderstaande figuur (Figuur 10), wordt gevoed door een constante wisselspanning met een vaste frequentie. Deze wisselspanning wordt gelijkgericht (bruggelijkrichter) en afgevlakt door een condensatorbatterij. Deze gelijkspanning wordt weer omgezet naar een wisselspanning d.m.v. een wisselrichter (IGBT inverter), in dit geval driefasig, met een faseverschil van 120° [4] [5].



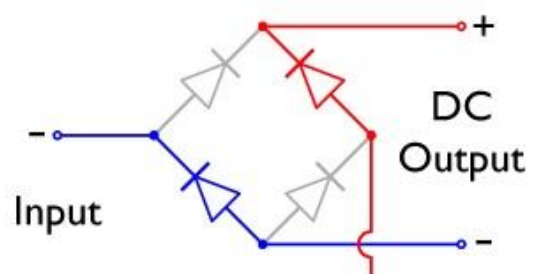
Figuur 10: Schematische voorstelling frequentieregelaar [6]

2.2.2.2 Bruggelijkrichter

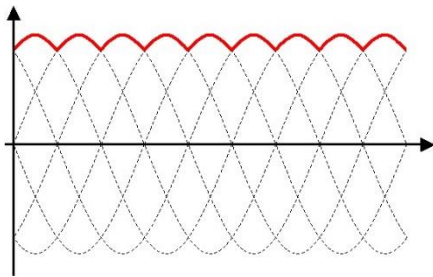
De binnenkomende driefasige wisselspanning wordt gelijkgericht door een driefasige bruggelijkrichter, de bruggelijkrichter bestaat uit 6 diodes, te zien in de rechtse figuur (Figuur 13) op de volgende pagina. Twee voor elke fase, dit is in de 2 onderstaande figuren (Figuur 11 en Figuur 12) enkelfasig voorgesteld, welke ervoor zorgen dat er een gelijkspanning aan de uitgang overblijft door hun doorlaat- en spereigenschap. Deze overgebleven pulserende gelijkspanning, voorgesteld in de linkse figuur op de volgende pagina (Figuur 14), wordt dan nog afgevlakt door een condensatorbatterij [4] [7].



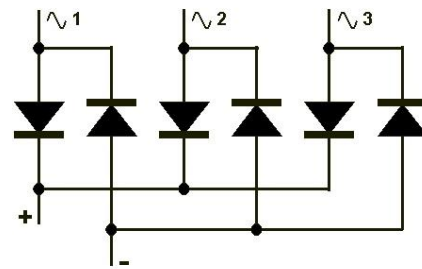
Figuur 11: Enkelfasige bruggelijkrichter, illustratie positieve zijde sinus [21]



Figuur 12: Enkelfasige bruggelijkrichter, illustratie negatieve zijde sinus [21]



Figuur 14: Pulserende gelijkspanning [22]

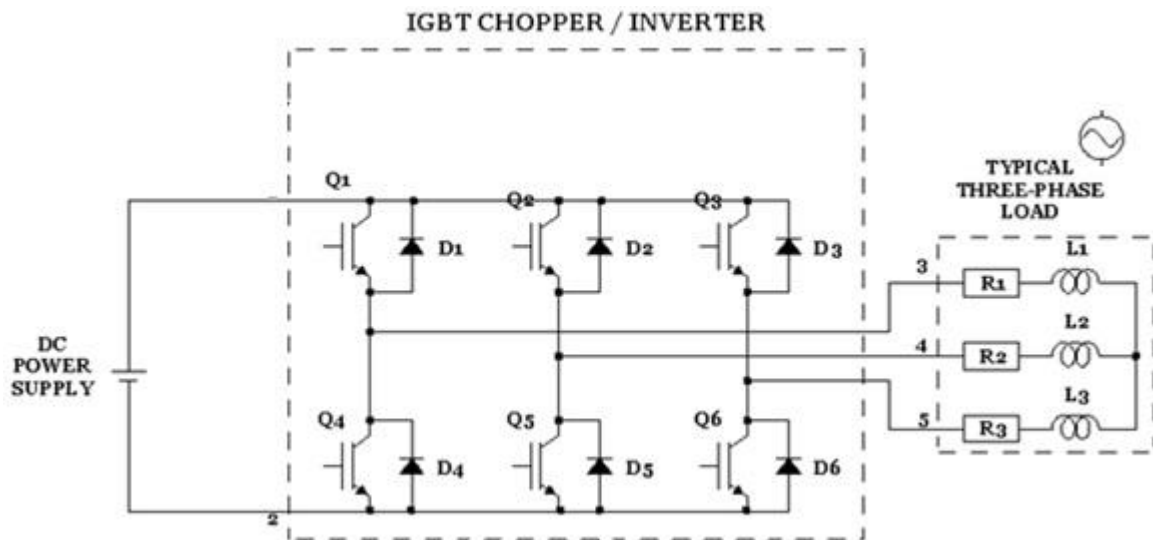


Figuur 13: Bruggelijkrichter driefasig met 6 diodes [7]

2.2.2.3 IGBT inverter

De wisselrichter bestaat uit vermogen halfgeleiders, schematisch voorgesteld in onderstaande figuur (Figuur 15), IGBT's genaamd, deze kan je vergelijken met een schakelaar die zeer snel kan schakelen en maar twee toestanden heeft, nl. 0 of 1.

D.m.v. puls breedte modulatie wordt de spanning afwisselend tussen 0V en zijn maximum waarde geschakeld, waardoor er een regelbare sinusvormige wisselspanning ontstaat [4].



Figuur 15: IGBT inverter [8]

2.3 Koppelsensor

2.3.1 Algemeen

De in deze opstelling gekozen koppelsensor is de ETH DRFL-II van het merk ETH Messtechnik GmbH te zien in de bovenste figuur (Figuur 16) op de volgende pagina. Deze koppelsensor kan een koppel meten tot 50Nm alsook de rotatiesnelheid tot 10000min⁻¹, met een snelheid van 60 pulsen per rotatie. Er is voor dit model gekozen omdat deze het effectieve koppel en effectieve toerental kan meten, wat zeer belangrijk is in dit onderzoek voor het berekenen van de efficiëntie [9].

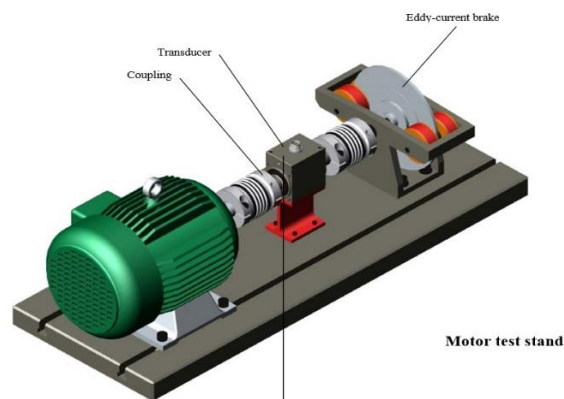


Figuur 16: Koppelmeter in motor-generator opstelling

2.3.2 Werking

Dit is een torsiekoppelmeter waar rekstrookjes op zijn geplakt onder een hoek van 45° . Doordat de as een torsie ondervindt en dus zal torsen, weliswaar binnen zijn elasticiteitsgebied (lees 50Nm), zal de weerstand van de rekstrookjes (die in een brug van Wheatstone staan) veranderen. Dit signaal wordt uitgelezen door een versterker en doorgestuurd naar de PLC, die op zijn beurt de waarde in Nm weergeeft [10] [11].

Voor het meten van het toerental wordt een er pulserend signaal uitgestuurd tussen 0V en 10V, deze pulsen worden geteld door een encoderklem op de PLC en worden zo op de visualisatie weergegeven [9] [10] [11]. Onderstaande figuur (Figuur 17) geeft een beeld hoe de koppelsensor geïnstalleerd dient te worden in een opstelling.



Figuur 17: Voorbeeld installatie koppelsensor in opstelling [12]

2.4 Thermografische camera

2.4.1 Algemeen

Voor thermografische beelden te verkrijgen was de Fluke Ti10 beschikbaar gesteld, de complete kit is voorgesteld in onderstaande figuur (Figuur 18). Dit is een thermografische camera, die zowel IR foto's als gewone foto's kan maken, maar ook de 2 samen kan verwerken [13]. Deze laatste eigenschap is een grote stap vooruit om bij een thermische foto het beeld te kunnen verduidelijken. Verder zijn er m.b.v. dit toestel een aantal thermografische rapporten opgesteld, die in bijlage b tot bijlage e te vinden zijn. Thermografische rapporten kunnen zeer belangrijk zijn voor het opvolgen van een machine/opstelling. Zo kan er a.d.h.v. rapporten gelijk deze snel en nauwkeurig nagaan wat er verandert is, op thermisch vlak, aan de machine/opstelling. Wel belangrijk als er op thermisch gebied iets opgevolgd wordt, is dat de foto's onder dezelfde condities zijn genomen, in hoeverre zit mogelijk is [14].

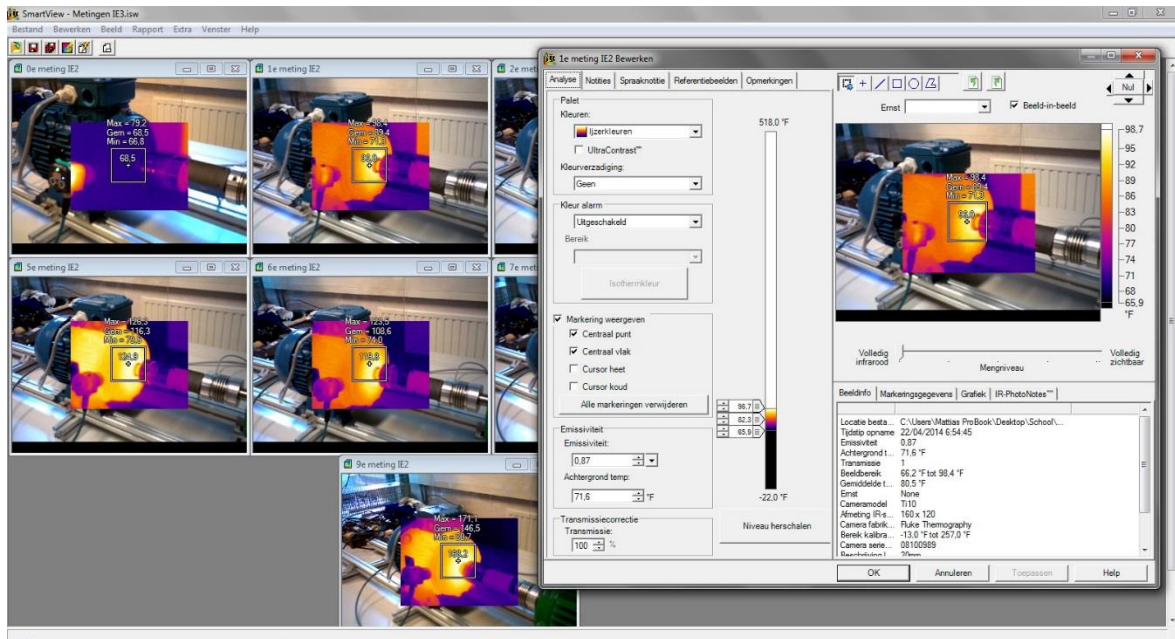


Figuur 18: Fluke Ti10 complete set

2.4.2 Werking

De bediening van de Fluke Ti10 is zeer eenvoudig, het toestel is volledig te bedienen met 1 hand (behalve het focussen van de lens, hier is een 2^e hand voor vereist). Het toestel wordt volledig met de duim bedient m.b.v. 3 selectietoetsen die zich onder het scherm bevinden en de wijsvinger voor het vastleggen van een foto. Er moet altijd goed op worden gelet dat er na het nemen van een foto, wordt bevestigd dat deze opgeslagen wordt met de linker selectietoets.

Voor de Fluke Ti10 is er ook software beschikbaar waar een volledig rapport kan gemaakt worden van de genomen beelden. Dit programma noemt SmartView, de lay-out van dit programma is bovenaan te zien in de figuur (Figuur 19) op pagina 13. Ook afgebeeld in deze figuur is het kader waar er details kunnen toegevoegd worden aan een foto, alsook instellingen, opmerkingen, e.d. Als eenmaal alle foto's naar wens aangepast zijn, is er een mogelijkheid om een "snel rapport" te maken, waar dan alle ingestelde parameters in verwerkt worden.



Figuur 19: Fluke SmartView

2.5 Inductieverwarmer voor lagers

2.5.1 Algemeen

Voor de correcte plaatsing van de lagers op de motoren is er gekozen voor een SKF lager verwarmer. nl. de SKF TMBH1 Scorpio, welke te zien is in de figuur (Figuur 20) onderaan de pagina, inductieverwarmer voor lagers. Dit is een draagbare uitvoering met een gewicht van slechts 4,5kg. Dankzij SKF hun gepatenteerde manier van verwarmen, welke gebaseerd is op hoog frequentie, kan de lager tot de voorgeschreven temperatuur verwarmd worden zonder dat deze gemagnetiseerd wordt. Ook is dit een veel efficiëntere en snellere manier van het lager te verwarmen [15].



Figuur 20: SKF TMBH1 Scorpio inductieverwarmer voor lagers

2.5.2 Werking

De verwarmingsklem wordt rond het lager bevestigd en de meegeleverde temperatuursensor moet op de binnenring geplaatst worden, zoals opgesteld is in de volgende figuur (Figuur 21). Dan kan de temperatuur of tijdperiode van het opwarmen ingesteld worden en moet er gewoon op “start/stop” gedrukt worden. Als het lager op temperatuur is gaat er een geluidssignaal af om dit aan te geven. Meegeleverde handschoenen zijn verplicht te dragen bij het behandelen van het warme lager [15].



Figuur 21: Verwarmingsklem en temperatuursensor

2.6 Asuitlijnapparatuur en vulplaatjes

2.6.1 Algemeen

Om de motoren van de opstelling correct uitgelijnd te krijgen is er gekozen voor een asuitlijnapparaat van SKF, nl. de TKSA 20, zie linkse figuur (Figuur 23), samen met de geijkte vulplaatjeset TMAS 360, zie rechtse figuur (Figuur 22). Dit model van uitlijningapparaat is de basisversie. Het heeft dan ook alleen maar de nodige standaard functies, waaronder hoek uitlijnfouten en parallel uitlijnfouten.



Figuur 23: SKF TKSA 20 asuitlijnapparatuur



Figuur 22: SKF TMAS 360 geijkte vulplaatjes

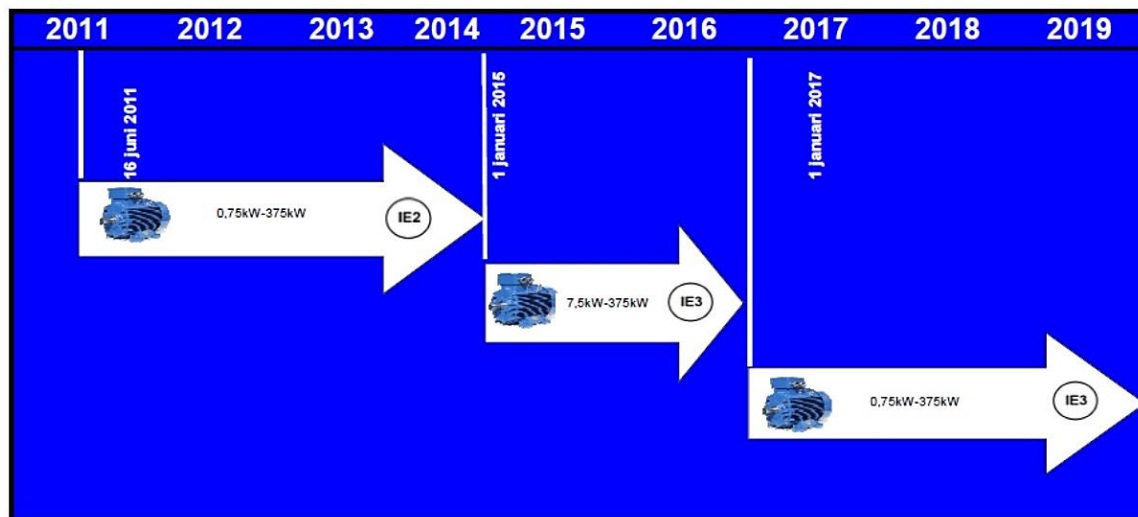
2.6.2 Werking

Dit meetapparaat bestaat uit 3 onderdelen, 1 meetcomputer en 2 lasers, beide lasers worden op de meetcomputer aangesloten. Eén laser is de “movable” unit, de andere laser is de “stationary” unit, ze moeten respectievelijk op de belasting (in dit geval een motor in generator bedrijf) en op de motor bevestigd worden. Hierna moeten de lasers allebei waterpas afgesteld worden in hun startpositie (12 uur) en 3 afstanden gemeten worden, deze worden ingegeven op de meetcomputer. Als dit gebeurd is moeten de lasers naar 9 uur bewogen worden en moet er op de bevestigingsknop gedrukt worden, als de waardes op de meetcomputer op 0 staan, moet dit herhaald worden op 3 uur. Zorg ervoor dat de lasers altijd waterpas staan, dit kan nagekeken worden door op de ingebouwde waterpas in de lasers te kijken. Plaats de lasers nu terug op hun startpositie om de verticale uitlijning in orde te brengen, als dit gebeurd is moeten de lasers op 3 uur gezet worden en hetzelfde herhaald worden voor de horizontale uitlijning [16]. Voor de uitlijning zelf kan er best gebruik gemaakt worden van de SKF geijkte vulplaatjes set.

3 Onderzoeksprobleem

Deze scriptie behandelt het onderwerp rond energie-efficiëntie van productiemachines. Sinds de invoering van de ISO50001 norm en het Kyoto protocol is energie-efficiëntie een belangrijk aandachtspunt geworden in de industrie. Als gevolg hiervan zal er moeten gelet worden op de CO₂-uitstoot door energieverbruik, maar ook de economische verbruikskost zien te drukken. Dit wil zeggen dat de machinebouwer moet voldoen aan nieuwe voorschriften voor de constructie van productiemachines, deze voorschriften zijn vastgelegd in de IEC60034-30 norm.

In de volgende figuur (Figuur 24) wordt een kort beeld van de verandering in energieklassen en wanneer deze doorgevoerd moeten worden:



Figuur 24: Stappenplan IE klassen constructeur [17]

De eerste stap houdt in dat vanaf 16 juni 2011 alleen nog maar IE2 motoren mogen geproduceerd worden of ingevoerd worden, degene die geproduceerd zijn voor 16 juni 2011 mogen wel nog verkocht worden. De tweede stap houdt in dat alle motoren van 7,5kW tot 375kW moeten voldoen aan de IE3 norm, of IE2 i.c.m. een frequentieregelaar vanaf 1 januari 2015. De derde en laatste stap is dat de kleinere motoren hieraan toegevoegd worden, nl. 0,75kW tot 7,5kW, beginnende 1 januari 2017 [17].

De doelstelling van het eerste deel van het onderzoek is verschillende energieklassen van motoren te testen op een motor-generator opstelling met behulp van een koppelsensor die het koppel en toerental meet. Hier worden rechtstreekse metingen gedaan met standaard motoren, metingen met hoogrenderende lagers en metingen met een reductiekast waar verschillende soorten oliën in worden gedaan. Hieruit worden telkens meerdere ISO rendementscurves en deze worden

onderling vergeleken om zo te zien of wat de fabrikant voorschrijft ook daadwerkelijk klopt. Na deze metingen is het ook de bedoeling dat men de metingen herhaald maar dan met uitlijningsfouten, dit om aan te tonen wat het gevolg hier van is naar de praktijk toe en zo aan te tonen hoe belangrijk dit is bij een installatie van een productiemachine. De eerste doelstelling wordt dan ook doorgetrokken naar het tweede en derde deel van het onderzoek, d.w.z. voor de pompopstelling ook de ISO rendementscurve vaststellen en het optimaal werkpunt bepalen. De compressor opstelling wordt nagebouwd op de motor-generator opstelling en wordt er gewerkt met een riemoverbrenging d.m.v. pulleys. Hier worden 3 verschillende soorten riemen op getest, uitlijningsfouten op gegenereerd e.d. Met de compressor zelf wordt er niet zoveel gewerkt aangezien hier vorig jaar al uitvoerig testen zijn op uitgevoerd in zake luchtverbruik.

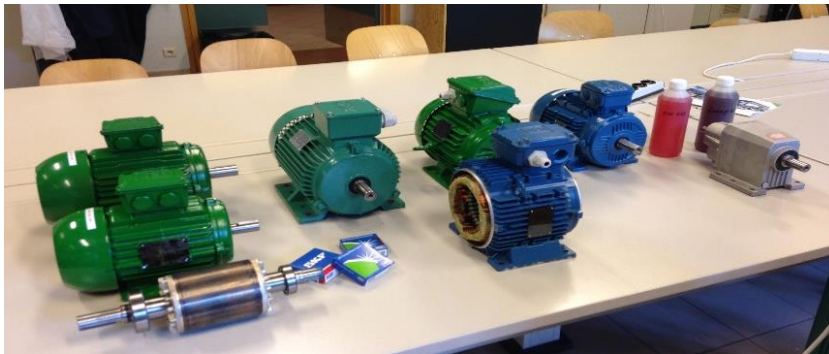
4 Testen

4.1 Algemeen

Zoals hierboven besproken zullen we dus in de 1^e opstelling de 2^e en de 3^e ook verwerken. We hebben besloten dit te doen met verschillende soorten motoren, te zien in onderstaande figuur (Figuur 25), zodat we een breder beeld kunnen creëren van onze metingen en resultaten:

- Motoren met energie-efficiëntie klassen IE2 en IE3. IE4 is hier bewust uitgelaten omdat deze twee de meest belangrijke klassen zijn op dit moment.
- Motoren met twee verschillende vermogens: 2,2kW en 4kW.
- Motoren met twee verschillende snelheden: 2-polig (3000min^{-1}) en 4-polig (1500min^{-1}).

Hiermee gaan we dan verschillende soorten metingen uitvoeren die hieronder zullen worden toegelicht.



Figuur 25: Beschikbare motoren met lagers, olie en reductiekast

Volgende tabel (Tabel 1) geeft een overzicht van de geteste motoren:

Tabel 1: Geteste motoren

| <u>Merk</u> | <u>Vermogen (kW)</u> | <u>Snelheid (p)</u> | <u>IE-klasse</u> |
|-------------|----------------------|---------------------|------------------|
| WEG | 0,75 | 4 | IE2 |
| WEG | 2,2 | 4 | IE2 |
| WEG | 2,2 | 4 | IE3 |
| WEG | 2,2 | 2 | IE3 |
| WEG | 4 | 4 | IE2 |
| WEG | 4 | 4 | IE3 |
| Siemens | 2,2 | 2 | IE2 |
| Siemens | 2,2 | 2 | IE2 |

4.2 Test-opstelling en metingen

De test-opstelling heeft wat evolutie ondervonden doorheen deze bachelor proef, dit konden we opdelen in 3 grote stappen, welke hieronder verder uitgelegd worden. Als de metingen uitgevoerd werden stond er altijd één motor in motorbedrijf als aandrijving en één motor in generatorbedrijf als belasting. Hiertussen stond dan de koppelsensor gemonteerd a.d.h.v. veer- of klauwkoppelingen. De veerkoppelingen zijn snel vervangen geweest door de klauwkoppelingen, dit omwille van dat we verschillende motoren hebben en dus verschillende as maten. D.w.z. dat als we met veerkoppelingen zouden werken, we telkens een nieuwe koppeling moesten aanschaffen voor de overgang van motor-as naar koppelsensor-as te kunnen realiseren. Met een klauwkoppeling is dit een kleine moeite aangezien hier telkens maar een conische klem bus moest vervangen worden en dus niet de gehele koppeling.

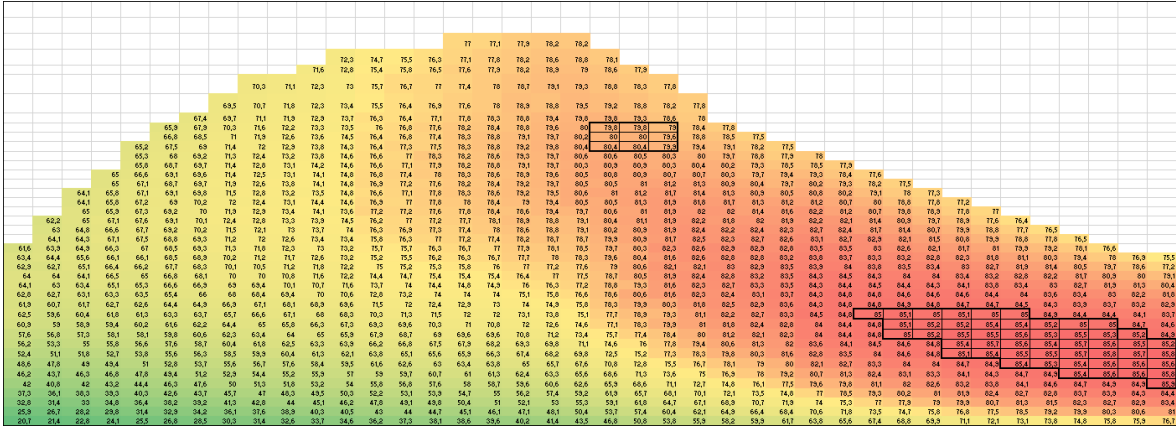
We hebben voor de zekerheid eerst getest of er een verschil lag tussen een veerkoppeling en klauwkoppeling omtrent energie-efficiëntie, ons resultaat hiervan was dat dit verschil verwaarloosbaar was. Vandaar onze keuze om hoofdzakelijk klauwkoppelingen te gebruiken.

Verder werd er bij elke meting een matrix van 40x40, geïllustreerd in de figuur bovenaan de volgende pagina (Figuur 26) door de PLC afgelopen waarbij we de volgende waardes hebben ingesteld voor het koppel en het toerental:

- 0,15xtoerental tot 2xtoerental
- 0,1xkoppel tot 1,3xkoppel

Afhankelijk van hoe de opstelling opgebouwd was moesten we in het PLC programma de matrix handmatig aanpassen, dit d.m.v. van een 0 in te vullen op de punten waar niet gemeten kon/mocht worden of een 1 waar wel kon/mocht gemeten worden, in de matrix die in het PLC programma voorgesteld stond. Dit varieerde bij verschillende vermogens of verschillende toepassingen, waardoor dit een “trial and error” werk was, het is zeer moeilijk dit op voorhand te voorspellen. Ook speelde de temperatuur van de motor/generator een grote rol, als de motor/generator warm was kon het zijn dat een meetpunt niet mogelijk was, waar dit wel ging als de motor op kamertemperatuur was. De efficiëntieberekening is gedaan volgens volgende formule:

$$\text{Efficiëntie} = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{aan}}} = \frac{T_{\text{eff}} \times \frac{2 \times \pi \times n_{\text{eff}}}{60}}{T_{\text{aan}} \times \frac{2 \times \pi \times n_{\text{aan}}}{60}}$$



Figuur 26: 40x40 matrix metingen

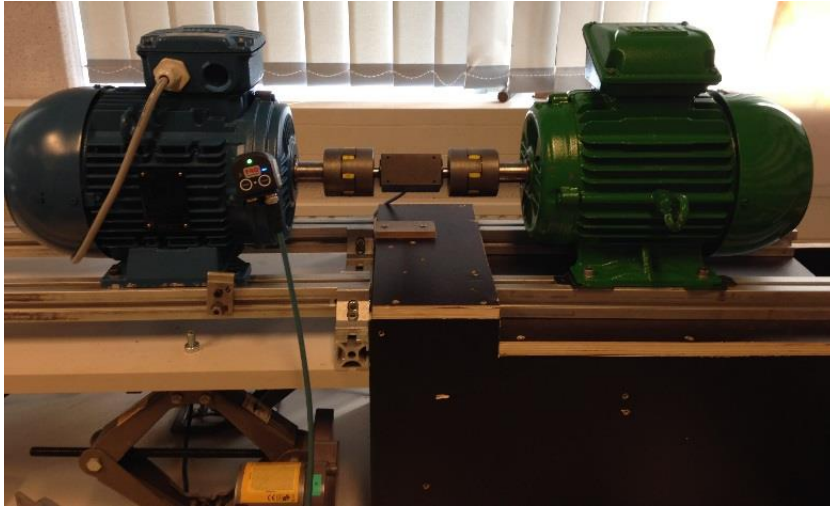
Hiervoor moesten we juist het nominaal toerental en nominaal koppel ingeven, de PLC deed de rest. En schreef de volgende resultaten automatisch weg zodat wij deze achteraf konden analyseren en vergelijken:

- Energie-efficiëntie
- Koppel
- Koppelstroom
- Stroom
- Toerental

Naast deze automatische meting hebben we ook handmatige metingen uitgevoerd voor thermografische rapporten te kunnen genereren van de motoren. Dit is gebeurd van motoren die een jaar in gebruik zijn en motoren met nieuwe lagert in, natuurlijk op de voorgeschreven manier geplaatst, alsook de reductiekast met de verschillende soorten oliën in. Het resultaat hiervan was dan ook verassend verschillend.

4.2.1 Eerste opstelling

De eerste opstelling is opgebouwd door onze collega-studenten EM van vorig jaar. Hier stond de motor (aandrijving, motor in motorbedrijf) op 3 elektrische krikken en de generator (belasting, motor in generatorbedrijf) op een vaste, houten constructie zoals voorgesteld in de volgende figuur (Figuur 27).

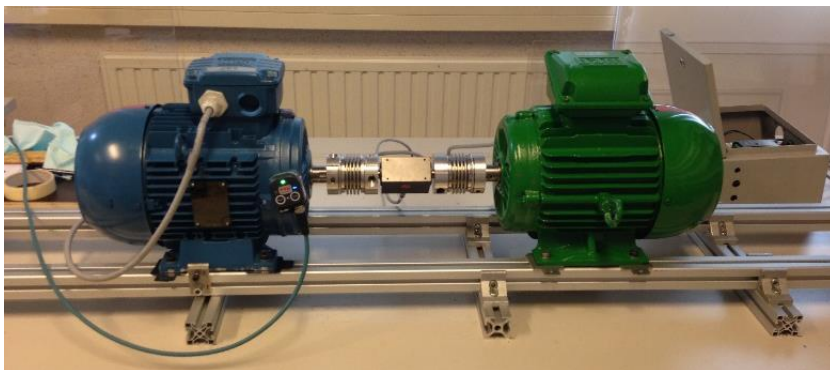


Figuur 27: Motor-generator opstelling, verstelbare opstelling

Het systeem van de elektrische krikken was handig voor het uitlijnen van de motor, maar tussen een bepaald toerental (wat rond het nominale toerental lag) boden deze niet genoeg stabiliteit waardoor de koppelmeter fluctuerende waardes doorgaf die dus ook onbruikbaar waren. Deze opstelling moest dus aangepast worden, waardoor we aan het denken waren om van de krikken af te stappen en een vaste opstelling op te bouwen, zo is de tweede opstelling tot stand gekomen die bij het volgende puntje toegelicht zal worden.

4.2.2 Tweede opstelling

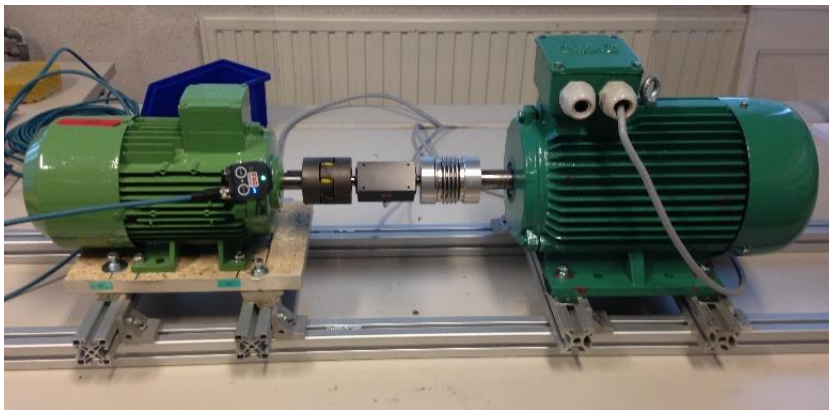
Om het probleem van de eerste opstelling te elimineren zijn we gaan nadenken over hoe we deze konden aanpassen. Het resultaat is een vaste opstelling geworden die rechtstreeks op de tafel bevestigd wordt, zoals te zien in onderstaande figuur (Figuur 28).



Figuur 28: Motor-generator opstelling, vaste opstelling

We hebben dan ook dadelijk na deze opbouw een meting laten doorlopen en het resultaat was dat de meting zonder fout doorlopen kon worden. Daarom hebben we ook beslist dat deze opstelling een definitieve uitvoering zou worden.

De opstelling bestaat uit profielen van het merk “item”, de profielen hebben een afmeting van 40x40mm met een uitsparing op elke zijde over de gehele lengte, voor het bevestigen van allerlei zaken. Op bovenstaande figuur (Figuur 28) staat de opstelling nog met de korte stukken onderaan op de tafel bevestigd en de lange stukken daar bovenop. Maar wegens de verschillende dimensies van de motoren en de reductiekast hebben we besloten deze om te draaien. Zo konden we niet alleen in de breedte bewegen maar ook in de lengte, alsook elk onderdeel op een aparte rail bevestigen. Op die manier is de opstelling veel flexibeler, wat te zien valt in onderstaande figuur (Figuur 29), hier valt de combinatie van een 4kW en 2,2kW motor te zien.



Figuur 29: Motor-generator opstelling, vaste opstelling, 4kW met 2,2kW

4.2.3 Derde opstelling

De derde opstelling is een uitbreiding op de tweede opstelling, wat wil zeggen dat de opstelling parallel wordt nagebouwd, voorgesteld in de volgende figuur (Figuur 30).



Figuur 30: Motor-generator opstelling, vaste opstelling, dubbel

Op die manier kunnen we 4 motoren plaatsen i.p.v. 2 motoren. Ook al kunnen er maar 2 motoren tegelijk aangestuurd worden, heeft dit op meerdere vlakken voordelen:

- Terwijl een meting op een opstelling bezig is, kan de andere opstelling aangepast worden, bv. motoren wisselen, uitlijnen of uitlijningsfout creëren, e.d.

- Men kan de aandrijving van een compressor nabootsen omdat dit werkt op het principe van twee pulleys en een aandrijfriem. Zo kan men gemakkelijk de pulleys op twee parallel gepositioneerde motoren monteren en een meting hierop uitvoeren.

4.2.4 Uitbreidingen

Om ons niet alleen toe te spitsen op de energie-efficiëntie van de motoren zelf, is er ook gekeken voor een paar uitbreidingen en of aanpassingen, nl. hoog efficiënte lagers, een reductiekast met verschillende types oliën, pulleys met riemoverbrenging (3 soorten riemen).

4.2.4.1 Hoog efficiënte lagers

De eerste uitbreiding die uitgevoerd zal worden op de motor-generator opstelling is het vervangen van de standaard lagers door hoog efficiënte lagers. In dit project is er gekozen voor de E2 lagers van SKF, voorgesteld in de volgende figuur (Figuur 31). De bedoeling hierbij is dat we in één van de twee motoren de lagers zullen vervangen door E2 lagers en in de andere motor de lagers vervangen door versie standaard lagers. Hierna zullen we het verschil opmeten rechtstreeks zodat we een vergelijkend beeld krijgen met de al gebruikte lagers, alsook de lagers verwerken bij de testen van de oliën.

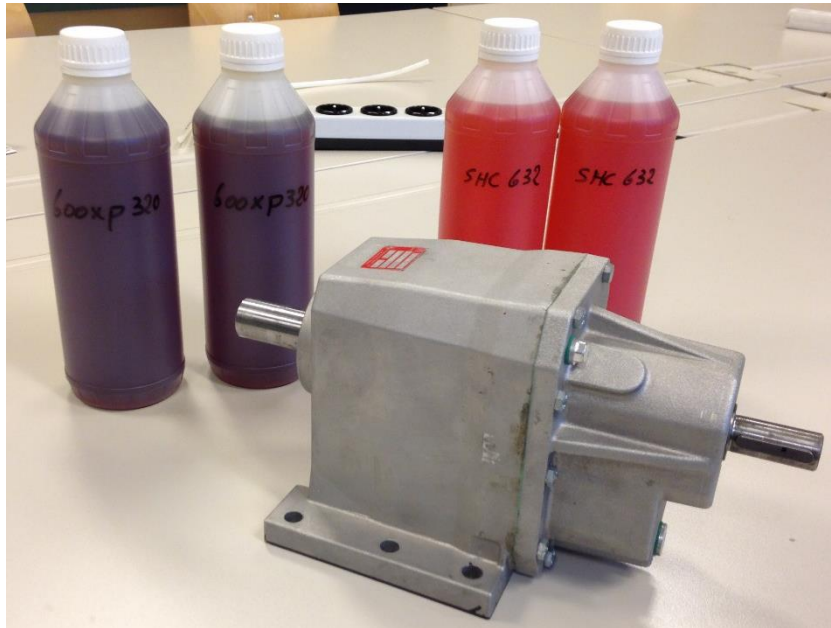


Figuur 31: SKF standaard lagers en E2 lagers

4.2.4.2 Reductiekast met verschillende type oliën

De tweede uitbreiding die we uitvoeren op de motor-generator opstelling is het toevoegen van een reductiekast. De test hierbij is het bepalen van de energie-efficiëntie bij verschillende types oliën. We hebben dan ook contact opgenomen met Dhr. Bram Braem van ExxonMobil voor wat andere types oliën, hij heeft dadelijk terug contact met ons opgenomen en hij heeft ons dan een minerale en een synthetische olie bezorgd, zie volgende figuur (Figuur 32). Bij de synthetische zouden we

het beste resultaat moeten behalen, wat volgens ExxonMobil ca. 3,6% extra efficiëntie zou opleveren. Ook raadden zij ons aan tijdens de testen met de oliën telkens een thermo grafisch rapport op te stellen.



Figuur 32: Reductiekast en 2 soorten oliën ExxonMobil

We beginnen dus met het toevoegen van de reductiekast in de opstelling. Er zullen elke keer 2 metingen uitgevoerd worden met dezelfde olie. 1 meting op de generator met standaard lagers in, 1 meting op de generator met E2 lagers in. Dit omwille van het feit dat we geen extra hoeveelheden van de standaard olie hebben, maar toch willen zien wat de totale impact kan zijn van efficiëntere olie en efficiëntere lagers.

4.2.4.3 Pulleys met riemoverbrenging

De derde uitbreiding is een uitbreiding bedoelt voor volgend jaar als dit project verder gezet wordt, deze bestaat op 2 motoren langs mekaar met pulleys op die gekoppeld zullen worden met een riemoverbrenging. De bedoeling hier is het verschil in efficiëntie op te meten tussen 3 soorten riemen, nl. een smal profiel V-riem, een getande smal profiel V-riem en een poly V-riem. Bij de 1^e en 2^e soort riem kan telkens gewerkt worden met 1 of meerdere pulleys, welke ook dezelfde zijn (zolang de profielgrootte van beide soorten riemen gelijk gekozen worden), bij de 3^e soort riem is er wel een andere soort pulley nodig. Men kan dan testen wat de invloed is van de uitlijning en de toestand waarin de riem(en) verkeert op de efficiëntie van de overbrenging. Zoals eerder aangehaald is dit een test voor het volgende jaar wegens tijdgebrek bij deze bachelorproef. De opstelling is wel al zo voorzien dat dit direct geïnstalleerd kan worden.

4.2.5 Resultaten

$$\text{Terugverdiëntijd} = \frac{\text{Verschil in aankoopprijs}}{\text{Verbruiksverschil per jaar}}$$

$$\text{Verbruik per jaar} = P \times \eta_{\text{max}} \times \text{bedrijfsuren} \times \text{€/kWh}$$

Metingen zonder aanpassingen:

We zijn begonnen met het opmeten van een 4kW IE2 (max. 82,1% gemeten) en een 4kW IE3 (max. 83,6% gemeten) motor. Het gemiddelde verschil in efficiëntie bedraagt 1,7%. Beide motoren zijn achter een frequentieregelaar gekoppeld. Als nu de IE2 wordt vervangen door de IE3 wordt de terugverdiëntijd:

- Aankoopprijs IE2 = €263,3 excl. BTW
- Aankoopprijs IE3 = €302,8 excl. BTW
- Bedrijfsuren = 7000 uren/jaar
- Gemiddelde belasting = 100%
- Gemiddelde elektriciteitsstarief = 0,13€/kWh

Resultaten:

- Verschil in aankoopprijs = €39,5
- Verbruiksverschil per jaar = €54,6
- Terugverdiëntijd = 0,72 jaar

Zoals men hier kan zien is een installatie gelijk deze met een kleine aanpassing van de motor snel terug te verdienen.

Metingen met aanpassing van lagers (IE2 motor als voorbeeld):

De 2^e stap was de lagering van de motor aanpassen, we nemen hier de metingen van de IE2 motor met standaard lagering (max. 82,1% gemeten) en hoog-efficiënte lagering (max. 85,9% gemeten) van SKF, we kwamen hier op een gemiddeld verschil in efficiëntie uit van 2,4%, beide motoren nog steeds achter een frequentieregelaar gekoppeld. Kosten van plaatsing niet in rekening genomen.

- Aankoopprijs IE2 = €263,3 excl. BTW
- Aankoopprijs SKF E2 lagers = €66,76 excl. BTW
- Bedrijfsuren = 7000 uren/jaar
- Gemiddelde belasting = 100%
- Gemiddelde elektriciteitsstarief = 0,13€/kWh

Resultaten:

- Verschil in aankoop = €66,76
- Verbruiksverschil per jaar = €138,32
- Terugverdiëntijd = 0,5 jaar (zonder plaatsingskosten)

Vergelijking vierpolige motor i.p.v. tweepolige motor:

Een 3^e test was de vergelijking maken als we een tweepolige motor die op nominaal toerental en nominaal koppel zou draaien, vervangen door een vierpolige motor die op ca. 2x nominaal toerental draait i.c.m. een frequentieregelaar en op hetzelfde koppel als de tweepolige motor. In beide gevallen nemen we een IE3 motor van 2,2kW (max. 80,05 gemeten → 82,55%) en 4kW (max. 81,8 gemeten). Aangezien in onze opstelling beide motoren achter een frequentieregelaar gekoppeld zijn tellen we bij de 2,2kW motor 2,5% bij wegens verlies van de frequentieregelaar.

- Aankoopprijs IE3 2polig = €164,68 excl. BTW
- Aankoopprijs IE3 4polig = €302,8 excl. BTW
- Aankoopprijs frequentieregelaar = ca. €620 excl. BTW
- Bedrijfsuren = 7000 uren/jaar
- Gemiddelde belasting = 100%
- Gemiddelde elektriciteitsstarief = 0,13€/kWh

Resultaten:

- Verschil in aankoop = €138,12
- Verbruiksverschil per jaar = €1324,87
- Terugverdientijd = 11,5 jaar

Zoals men reeds kan zien is dit geen gunstige aanpassing. Zowel het rendement van de tweepolige motor als de aankoopprijs ligt vele malen lager, dus de terugverdientijd is ook veel hoger. Het voordeel wat men hier wel uit haalt is dat men bij wisselende belasting de motor in “rust” stand kan zetten, d.w.z. dat wanneer bv. een lijn stilgelegd moet worden, de motor op een zeer laag toerental kan draaien, wanneer de lijn terug moet opstarten kan dit gebeuren met een veel lagere stroomafname. Dit verschil is niet verrekend in de resultaten.

Metingen van reductiekast met verschillende oliën:

Deze metingen zullen aangehaald worden bij de presentatie en zullen in de resultatenbundel bijgevoegd worden. De metingen waren nog reeds bezig tijdens het beëindigen van deze scriptie. Hier zijn door omstandigheden alleen momentopnames en een thermografisch rapport gemaakt welke terug te vinden zijn in bijlage f tot bijlage g.

Dit zijn 3 voorbeelden van de resultaten die we kunnen maken door onze metingen. Er zijn veel meer metingen gemaakt dus ook veel meer vergelijkingen te maken. Alle resultaten zijn steeds beschikbaar in de resultatenbundel.

5 Conclusie

Dit onderzoek draaide rond zoveel mogelijk metingen rond energie-efficiëntie van verschillende soorten opstellingen te verzamelen en deze onderling te vergelijken. Tijdens dit onderzoek is gebleken dat dergelijke metingen afhankelijk zijn van verschillende factoren zoals trillingen, warmte (klimaat in de onderzoekscel), installatievoorzieningen, e.d.

De 3 grote doelstelling zijn behaald tijdens dit onderzoek, nl.:

- De efficiëntie van verschillende motoren meten en vergelijken
- De lagering van deze motoren aanpassen en vergelijken met de standaard lagering
- Het opmeten van een reductiekast waar verschillende soorten oliën in gedaan werden

Zoals in de resultaten reeds kort is aangehaald, is het in sommige gevallen gunstig voor een bestaande installatie aan te passen, in andere gevallen niet. Dit is dus zeer afhankelijk van de toepassing waarvoor een opstelling dient en wat de voorzieningen in een bedrijf zijn. Ook is de wijze van installatie en aanpassing zeer belangrijk, want zijn deze verkeerd kan dat in efficiëntie van het toestel heel wat schelen aangezien de producten dan al vroegtijdig schade kunnen oplopen of zelfs nooit tot hun volledig potentieel kunnen functioneren.

Ik heb veel bijgeleerd over industriële motoren, onderhoud hiervan en condition monitoring van deze toestellen, alsook de werking en programmatie van een Beckhoff PLC. Dankzij dit onderzoek heb ik veel informatie opgestoken voor mijn komende jaren.

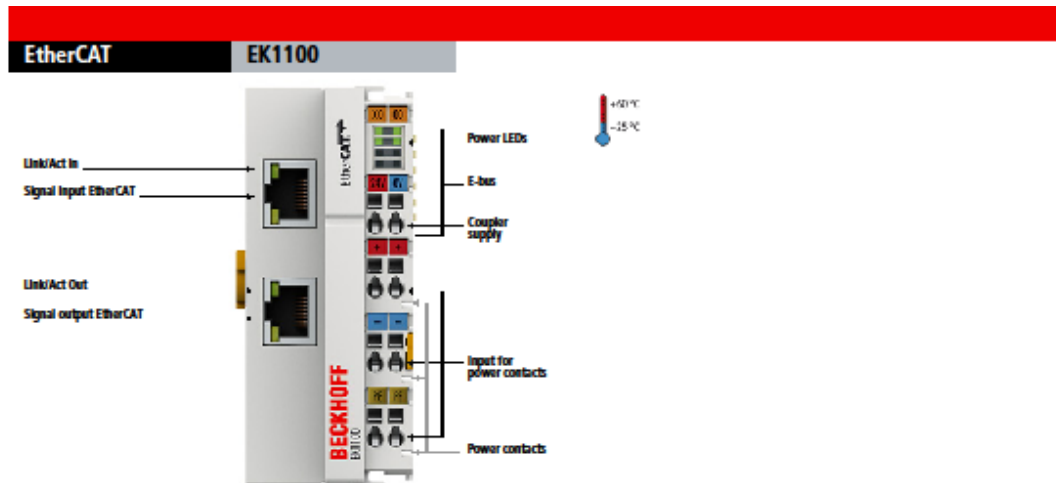
Bibliografie

- [1] „PXL Research Xmain,” PXL, [Online]. Available: xmain.pxl.be.
- [2] „EE,” [Online]. Available: <http://www.energieefficiëntie.nl/over-energie-efficiëntie/>.
- [3] „Vacon,” Frequentieregelaar, [Online]. Available: <http://www.vacon.com/nl-NL/producten/?Type=Frequentieregelaars#1790473376>.
- [4] „Engineering-online,” [Online]. Available: http://www.engineering-online.nl/?com=content&action=frequency_converter.
- [5] „Roctechiek,” [Online]. Available: <http://www.roctechiek.nl/cms/files/frequentieregelaar.pdf>.
- [6] „Wikipedia, frequentieregelaar,” [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Frequentieregelaar>.
- [7] „Wikipedia, bruggelijkrichter,” [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Bruggelijkrichter>.
- [8] „Protorit, IGBT,” [Online]. Available: <http://protorit.blogspot.be/2012/11/igbt-chopper-inverter-module.html>.
- [9] „ETH Messtechnik,” ETH, [Online]. Available: <http://www.eth-messtechnik.de/englisch/products/productoverview.html>.
- [10] „Katholieke Hogeschool Kempen,” KHK, [Online]. Available: http://docweb.khk.be/IIBT_Elektrotechniek/WebLabo/meting_Koppel.htm.
- [11] „Katholieke Hogeschool Kempen,” KHK, [Online]. Available: http://docweb.khk.be/IIBT_Elektrotechniek/WebLabo/toestel_koppelmeter_torsie.htm.
- [12] „ETH,” [Online]. Available: <http://www.eth-messtechnik.de/pdf/DRFL-I-VIIIe.pdf>.
- [13] „Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/benl/warmtebeeldtechniek/fluke-ir-fusion-technology.htm?PID=56160>.
- [14] „Fluke,” [Online]. Available: <http://www.fluke.com/fluke/benl/Thermal-Imaging/Fluke-Ti10.htm?PID=56179>.
- [15] „SKF TMBH,” [Online]. Available: <http://www.skf.com/group/products/maintenance-products/bearing-heaters/heaters-for-mounting/induction-heaters/portable-induction-heater/index.html>.
- [16] „SKF TKSA manual,” [Online]. Available: <http://www.skf.com/binary/21-35626/MP5369.pdf>.

- [17] K. E. B.V., „Kolmer,” april 2011. [Online]. Available: www.kolmer.nl/l/library/download/2236.
- [18] „Beckhoff New Automation Technology,” Beckhoff, [Online]. Available: <http://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/ek1100.htm>.
- [19] „SKF TKSA,” [Online]. Available: <http://www.skf.com/group/products/maintenance-products/alignment-tools/shaft-alignment-tools/shaft-alignment-tool-tksa20/index.html>.
- [20] „SKF Shims,” [Online]. Available: <http://www.skf.com/group/products/maintenance-products/alignment-tools/shims/index.html>.
- [21] „Wikipedia,” [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Bruggelijkricher>.
- [22] „Wikipedia, gelijkrichter,” [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Gelijkrichter>.

Bijlagen

Bijlage a:



EK1100 | EtherCAT Coupler

The EK1100 coupler connects EtherCAT with the EtherCAT Terminals (ELxxxx). One station consists of an EK1100 coupler, any number of EtherCAT Terminals and a bus end terminal. The coupler converts the passing telegrams from Ethernet 100BASE-TX to E-bus signal representation.

The coupler is connected to the network via the upper Ethernet Interface. The lower RJ 45 socket may be used to connect further EtherCAT devices in the same strand. In the EtherCAT network, the EK1100 coupler can be installed anywhere in the Ethernet signal transfer section (100BASE-TX) – except directly at the switch. The coupler BK9000 (for K-bus components) is suitable for installation at the switch.

| Technical data | EK1100 |
|----------------------------------|---|
| Task within EtherCAT system | coupling of EtherCAT Terminals (ELxxxx) to 100BASE-TX EtherCAT networks |
| Data transfer medium | Ethernet/EtherCAT cable (min. CAT 5), shielded |
| Distance between stations | max. 100 m (100BASE-TX) |
| Number of EtherCAT Terminals | up to 65,534 |
| Protocol | EtherCAT |
| Delay | approx. 1 µs |
| Data transfer rates | 100 Mbaud |
| Configuration | not required |
| Bus interface | 2 x RJ 45 |
| Power supply | 24 V DC (-15 %/+20 %) |
| Input current | 70 mA + (total E-bus current)/4 |
| Current supply E-bus | 2000 mA |
| Power contacts | 24 V DC max./10 A max. |
| Electrical isolation | 500 V (power contact/supply voltage/Ethernet) |
| Operating/storage temperature | -25...+60 °C/-40...+85 °C |
| Relative humidity | 95 %, no condensation |
| Vibration/shock resistance | conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27 |
| EMC immunity/emission | conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4 |
| Protect. class/installation pos. | IP 20/variable |
| Approvals | CE, UL, Ex |

| Accessories | |
|-----------------|-------------------------|
| Cordsets | cordsets and connectors |

| System | |
|-----------------|--|
| EtherCAT | For further EtherCAT products please see the system overview |

Bijlage b:

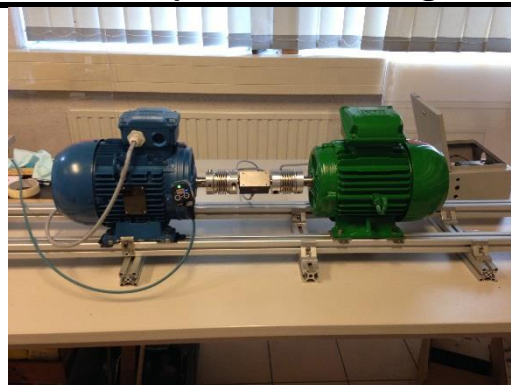


Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag motor-generator opstelling PWO E006

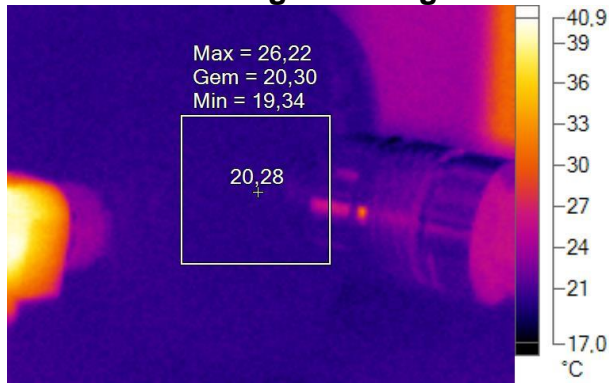
*Vaste opstelling IE2 4kW motor (3e run
ontbreekt) standaard lagers*



Aangemaakt voor:

Ilona Stouten
ilona.stouten@pxl.be

IE2 motor 's morgens vroeg

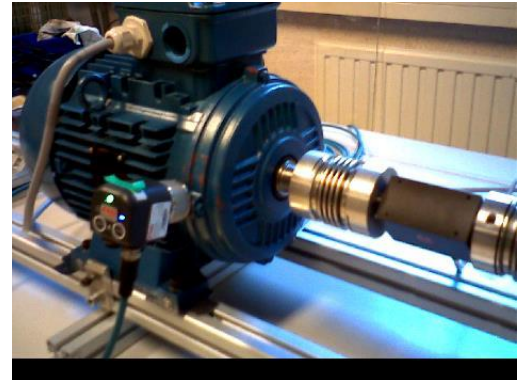


0e meting IE2.IS2

22-4-2014 6:23:01

Dit is een beeld van de IE2 motor 's morgens vroeg, de motor heeft heel de nacht stilgestaan en is dus toch de omgevingstemperatuur afgekoeld.

Niks abnormaal op te merken.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

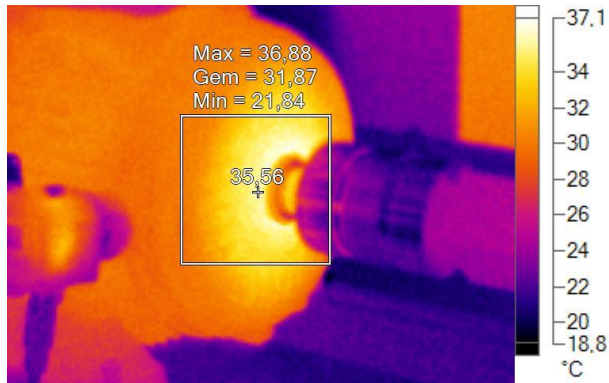
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 17,22°C tot 40,63°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 20,30°C | 19,34°C | 26,22°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 20,28°C |

IE2 motor na 1e run



1e meting IE2.IS2

22-4-2014 6:54:45

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de eerste run, hier werd hij ingesteld op 1000tr/min ZONDER belasting.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

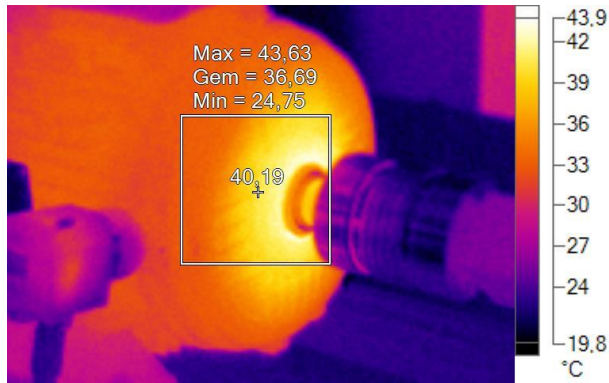
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 19,00°C tot 36,88°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 31,87°C | 21,84°C | 36,88°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 35,56°C |

IE2 motor na 2e run



2e meting IE2.IS2

22-4-2014 7:26:09

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de tweede run, hier werd hij ingesteld op 1500tr/min ZONDER belasting. Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is niet fel gestegen.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

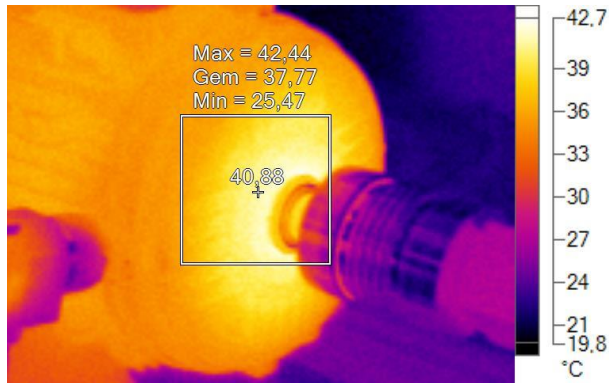
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,06°C tot 43,63°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 36,69°C | 24,75°C | 43,63°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 40,19°C |

IE2 motor na 4e run



4e meting IE2.IS2

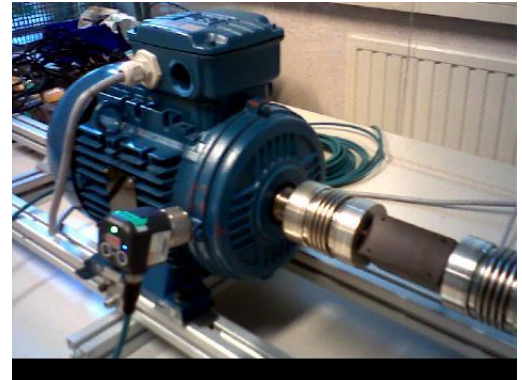
22-4-2014 8:28:53

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de vierde run, hier werd hij ingesteld op 1000tr/min met een belasting van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is nauwelijks gestegen door de relatief lage belasting.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

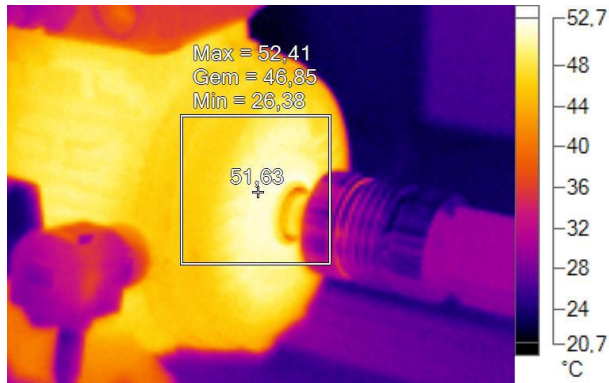
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,00°C tot 42,44°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 37,77°C | 25,47°C | 42,44°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 40,88°C |

IE2 motor na 5e run



5e meting IE2.IS2

22-4-2014 8:59:52

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de vijfde, hier werd hij ingesteld op 1000tr/min met een belasting van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 10,7°C gestegen door het lage toerental en hoge belasting (onvoldoende koeling).

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

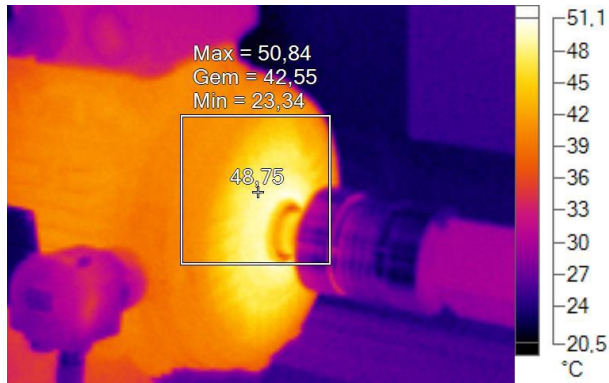
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,97°C tot 52,41°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 46,85°C | 26,38°C | 52,41°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 51,63°C |

IE2 motor na 6e run



6e meting IE2.IS2

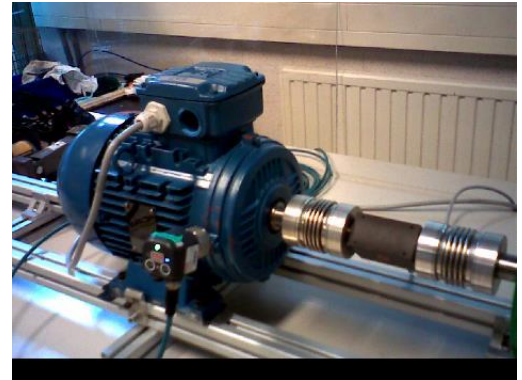
22-4-2014 9:31:03

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de zesde run, hier werd hij ingesteld op 1500tr/min met een belasting van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

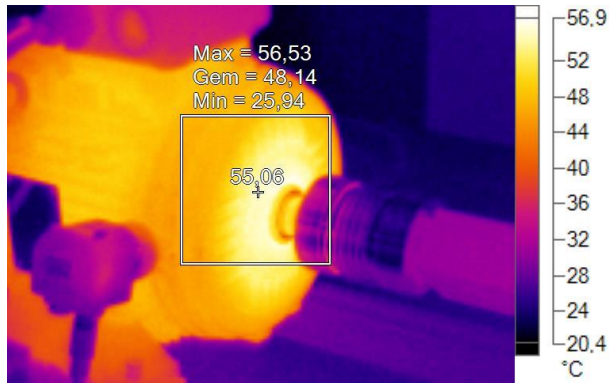
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,78°C tot 50,84°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 42,55°C | 23,34°C | 50,84°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 48,75°C |

IE2 motor na 7e run



7e meting IE2.IS2

22-4-2014 10:02:49

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de zevende run, hier werd hij ingesteld op 1500tr/min met een belasting van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien. Temperatuur is 6,3°C gestegen, dit temperatuurverschil is nog aanvaardbaar, hij zit hier dan ook rond zijn nominaal toerental en nog onder zijn nominaal koppel.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

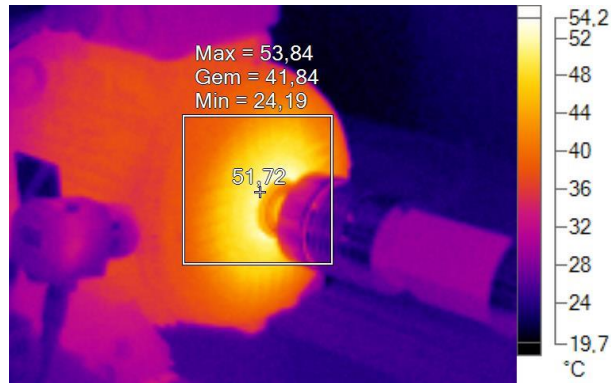
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,75°C tot 56,53°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 48,14°C | 25,94°C | 56,53°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 55,06°C |

IE2 motor na 8e run



8e meting IE2.IS2

22-4-2014 10:33:58

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de achtste run, hier werd hij ingesteld op 2200tr/min met een belasting van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is 3,4°C afgenomen door de relatief lage belastingen het hoge toerental.

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

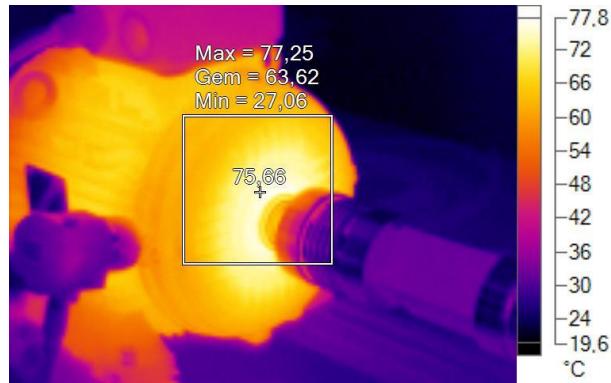
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,06°C tot 53,84°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 41,84°C | 24,19°C | 53,84°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 51,72°C |

IE2 motor na 9e run



9e meting IE2.IS2

22-4-2014 11:17:46

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de negende run, hier werd hij ingesteld op 2200tr/min met een belasting van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 24°C gestegen, dit komt door de zware belasting en hier wordt boven het nominaal toerental en koppel gewerkt waardoor de nominale stroom ook overschreden wordt, dit is wel veel en dient in het oog gehouden te worden. Indien mogelijk opnieuw een meting uitvoeren onder zelfde omstandigheden.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,19°C tot 77,25°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 63,62°C | 27,06°C | 77,25°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 75,66°C |

Samenvatting

Over het algemeen is er niets speciaals of alarmerend op te merken (behalve bij de 9e meting!) aan de uitgevoerde metingen. De motor warmt altijd op bij de te verwachten instelpunt.

Temperatuur dient wel nauw in het oog gehouden worden van het moment men boven het nominaal toerental gaat werken.

Zonder belasting blijft deze motor relatief koel.

Met belasting zijn de temperaturen ook zoals te verwachten zijn,

Bij een laag toerental is het temperatuurverschil groot bij de verschillende belastingen, dit komt door het lage toerental en dus ook traag draaiende ventilator.

Bij het midden liggende toerental is het temperatuurverschil kleiner, dit komt waarschijnlijk omdat de waardes hier liggen rond de nominale waardes, en dus de koeling ook optimaal is.

Bij het hoog toerental is het temperatuurverschil dan weer groot, dit omdat we hier weer boven de nominale waardes zitten. De koeling zal dan niet meer optimaal zijn werk doen, en de motor warmt inwendig ook meer op. Bij deze meting is het temperatuurverschil wel zeer groot.

Bijlage c:

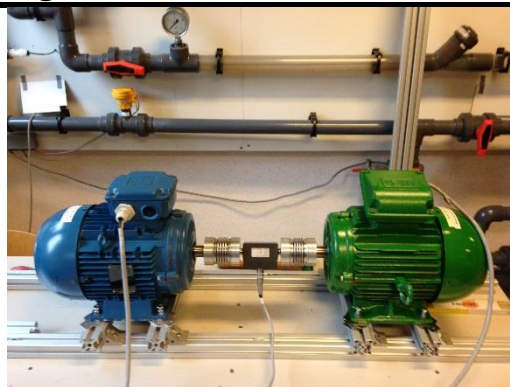


Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag motor-generator opstelling PWO E006

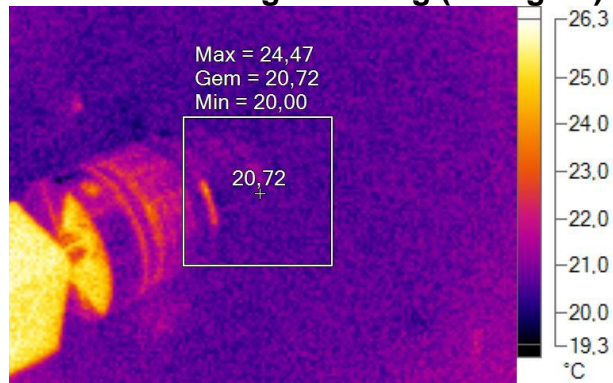
*Vaste opstelling IE2 4kW motor SKF E2
lagers*



Aangemaakt voor:

Ilona Stouten
ilona.stouten@pxl.be

IE2 motor 's morgens vroeg (E2 lagers)

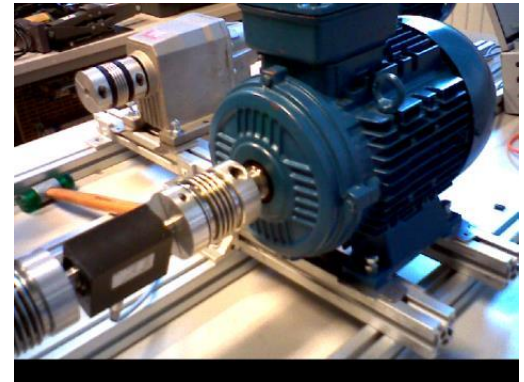


0e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 5:57:56

Dit is een beeld van de IE2 motor 's morgens vroeg, de motor heeft heel de nacht stilgestaan en is dus toch de omgevingstemperatuur afgekoeld.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is gelijkaardig aan de motor met de standaard lagers.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

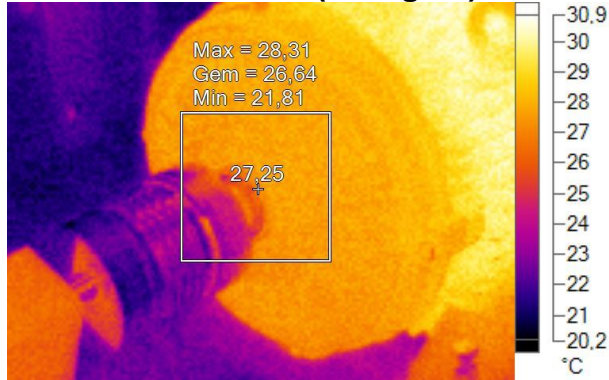
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 19,38°C tot 26,19°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 20,72°C | 20,00°C | 24,47°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 20,72°C |

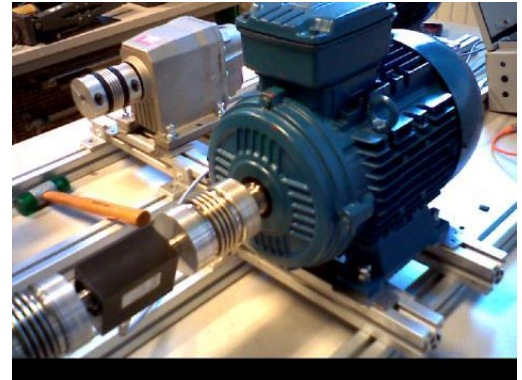
IE2 motor na 1e run (E2 lagers)



1e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 6:28:57

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de eerste run, hier werd hij ingesteld op 1000tr/min ZONDER belasting. Foto gemaakt na een half uur draaien. Niks abnormaal op te merken.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

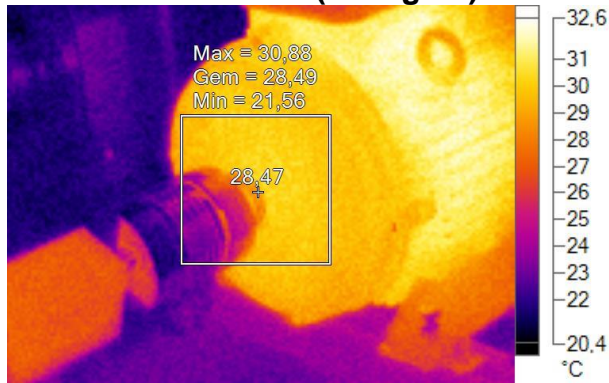
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,28°C tot 30,78°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 26,64°C | 21,81°C | 28,31°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 27,25°C |

IE2 motor na 2e run (E2 lagers)

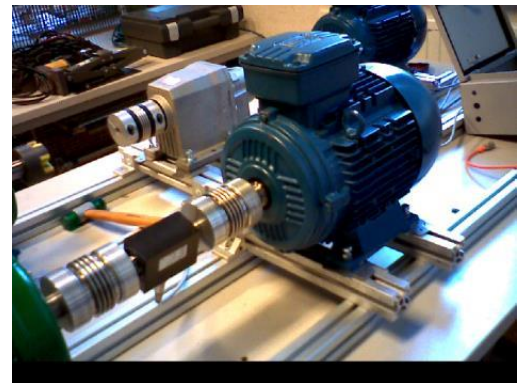


2e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 6:59:17

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de tweede run, hier werd hij ingesteld op 1500tr/min ZONDER belasting. Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is maar 1,22°C gestegen.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

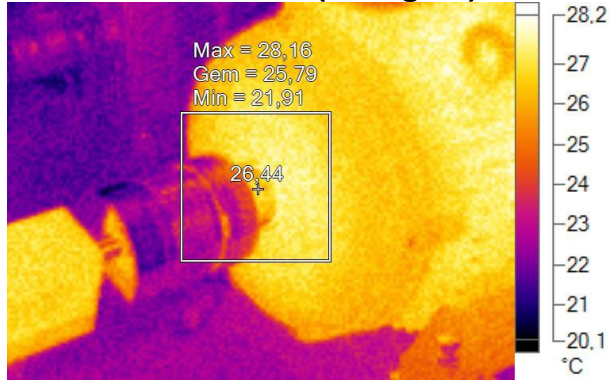
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,50°C tot 32,44°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 28,49°C | 21,56°C | 30,88°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 28,47°C |

IE2 motor na 3e run (E2 lagere)



3e meting IE2 E2 lagere.IS2

2-6-2014 7:29:35

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de derde run, hier werd hij ingesteld op 2200tr/min ZONDER belasting. Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is zelfs 2,03°C gedaald.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

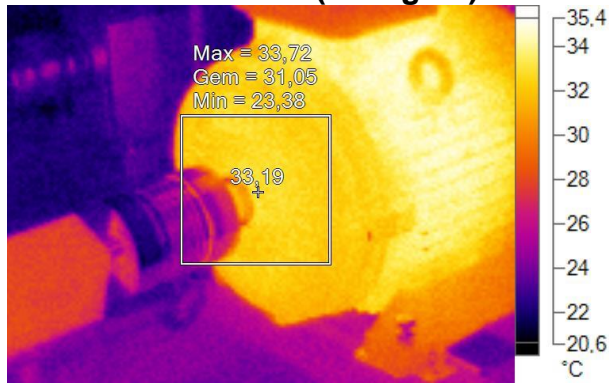
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,19°C tot 28,16°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 25,79°C | 21,91°C | 28,16°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 26,44°C |

IE2 motor na 4e run (E2 lagers)



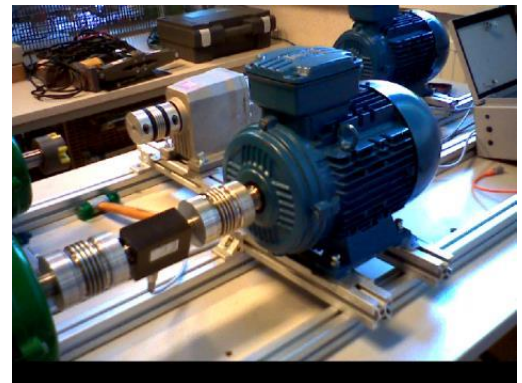
4e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 8:00:32

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de vierde run, hier werd hij ingesteld op 1000tr/min met een belasting van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is nauwelijks gestegen (6,75°C) door de relatief lage belasting.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

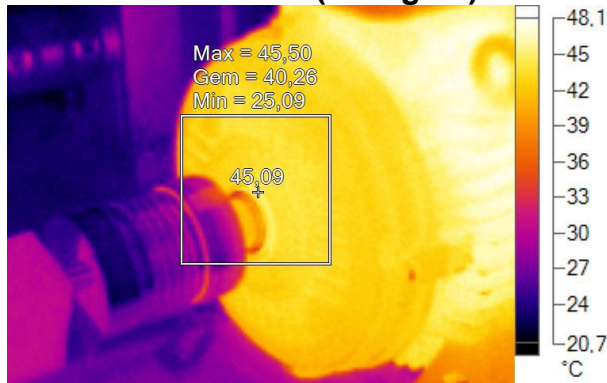
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,72°C tot 35,22°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 31,05°C | 23,38°C | 33,72°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 33,19°C |

IE2 motor na 5e run (E2 lagers)



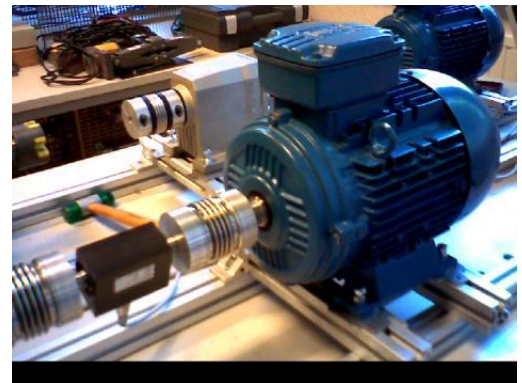
5e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 8:27:25

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de vijfde, hier werd hij ingesteld op 1000tr/min met een belasting van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 11,9°C gestegen door het lage toerental en hoge belasting (onvoldoende koeling).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

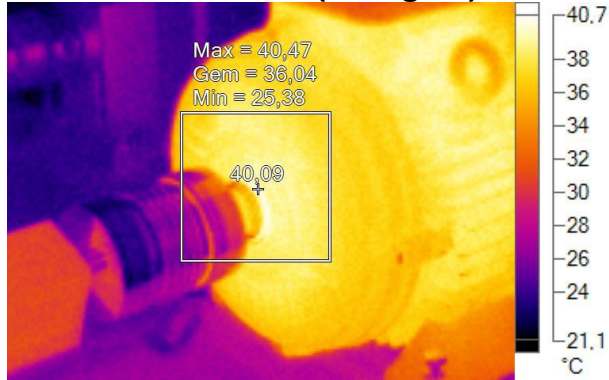
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,97°C tot 47,88°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 40,26°C | 25,09°C | 45,50°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 45,09°C |

IE2 motor na 6e run (E2 lagers)



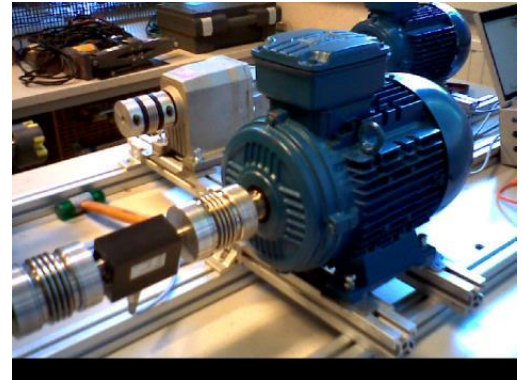
6e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 9:00:58

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de zesde run, hier werd hij ingesteld op 1500tr/min met een belasting van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

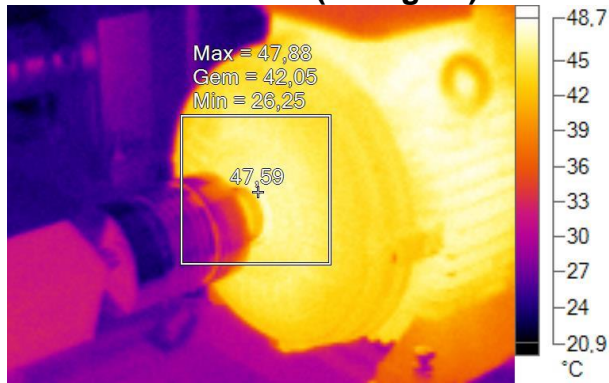
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,31°C tot 40,47°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 36,04°C | 25,38°C | 40,47°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 40,09°C |

IE2 motor na 7e run (E2 lagers)

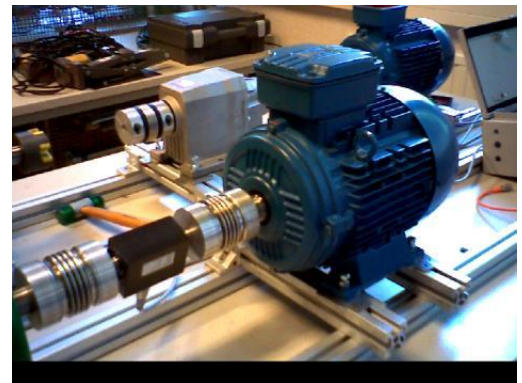


7e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 9:32:54

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de zevende run, hier werd hij ingesteld op 1500tr/min met een belasting van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien. Temperatuur is 7,5°C gestegen, dit temperatuurverschil is nog aanvaardbaar, hij zit hier dan ook rond zijn nominaal toerental en nog onder zijn nominaal koppel.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

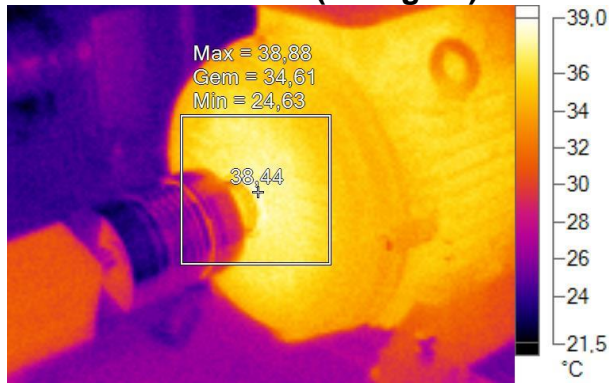
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,19°C tot 48,44°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 42,05°C | 26,25°C | 47,88°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 47,59°C |

IE2 motor na 8e run (E2 lagers)



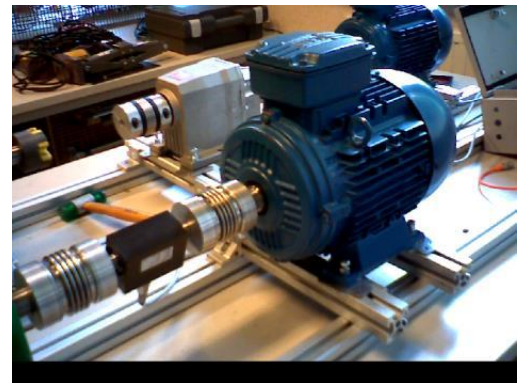
8e meting IE2 E2 lagers.IS2

2-6-2014 10:01:26

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de achtste run, hier werd hij ingesteld op 2200tr/min met een belasting van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is 9,15°C afgenomen door de relatief lage belastingen het hoge toerental.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

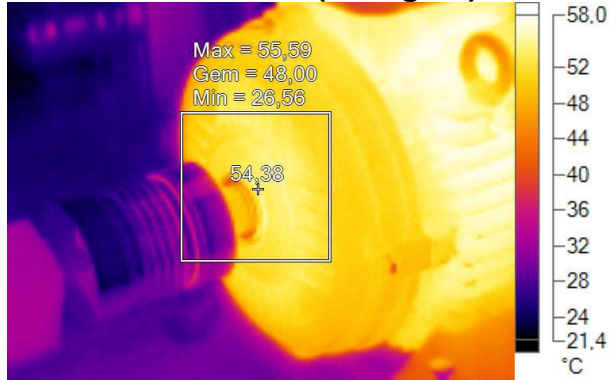
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,63°C tot 38,88°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 34,61°C | 24,63°C | 38,88°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 38,44°C |

IE2 motor na 9e run (E2 lagere)



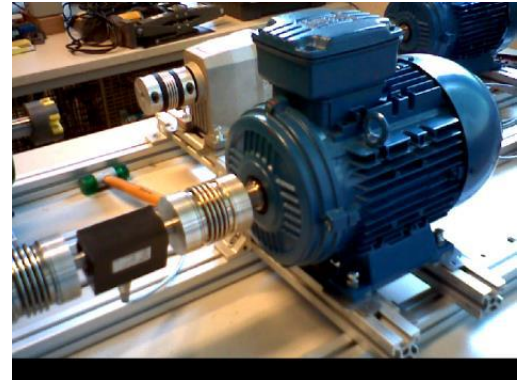
9e meting IE2 E2 lagere.IS2

2-6-2014 10:33:46

Hier is een beeld te zien van de IE2 motor na de negende run, hier werd hij ingesteld op 2200tr/min met een belasting van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 15,94°C gestegen, dit komt door de zware belasting en hier wordt boven het nominaal toerental en koppel gewerkt waardoor de nominale stroom ook overschreden wordt,



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,75°C tot 57,59°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 48,00°C | 26,56°C | 55,59°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 54,38°C |

Samenvatting

Over het algemeen is er niets speciaals of alarmerend op te merken (behalve bij de 9e meting!) aan de uitgevoerde metingen. De motor warmt altijd op bij de te verwachten instelpunt.

Temperatuur dient wel nauw in het oog gehouden worden van het moment men boven het nominaal toerental gaat werken.

Zonder belasting blijft deze motor relatief koel.

Met belasting zijn de temperaturen ook zoals te verwachten zijn,

Bij een laag toerental is het temperatuurverschil groot bij de verschillende belastingen, dit komt door het lage toerental en dus ook traag draaiende ventilator.

Bij het midden liggende toerental is het temperatuurverschil kleiner, dit komt waarschijnlijk omdat de waardes hier liggen rond de nominale waardes, en dus de koeling ook optimaal is.

Bij het hoog toerental is het temperatuurverschil dan weer groot, dit omdat we hier weer boven de nominale waardes zitten. De koeling zal dan niet meer optimaal zijn werk doen, en de motor warmt inwendig ook meer op. Bij deze meting is het temperatuurverschil wel zeer groot.

Over het algemeen ligt de temperatuur van de motor doorheen de metingen 6 tot 7°C lager met de E2 lagers van SKF als met de standaard lagers. Zoals in de ISO rendementscurves te zien valt ligt het rendement ook beduidend hoger.

Het is duidelijk dat dit soort lager wel degelijk een verschil maakt in warmteontwikkeling (en bijkomstig dus ook rendement) wat ook lijdt tot een beter levensduur van het lager.

Bijlage d:

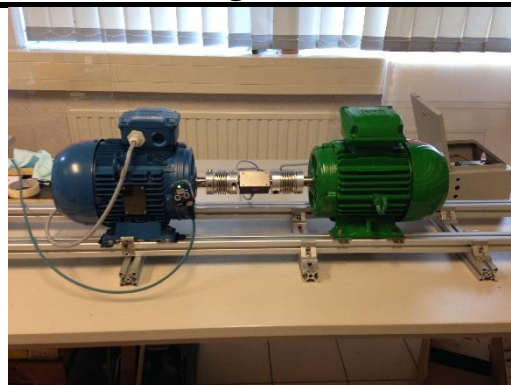


Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag motor-generator opstelling PWO E006

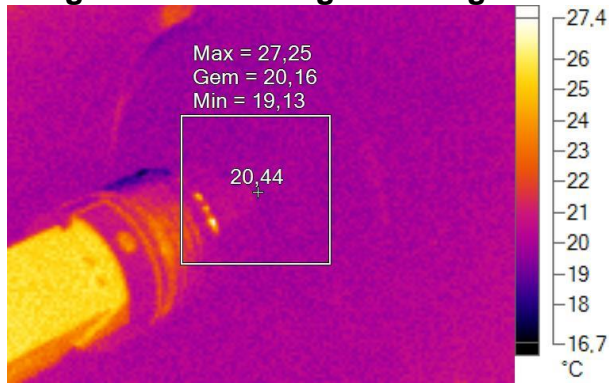
*Vaste opstelling IE3 4kW generator
standaard lagers*



Aangemaakt voor:

Ilona Stouten
ilona.stouten@pxl.be

IE3 generator 's morgens vroeg



0e meting IE3.IS2

22-4-2014 6:23:17

Dit is een beeld van de IE3 generator 's morgens vroeg, de generator heeft heel de nacht stilgestaan en is dus tot de omgevingen temperatuur afgekoeld.

Niks abnormaal op te merken.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

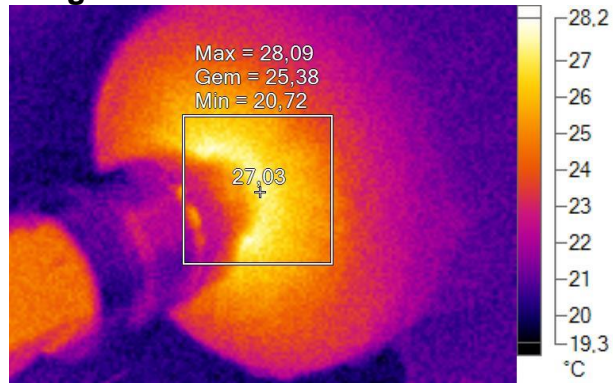
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 16,84°C tot 27,25°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 20,16°C | 19,13°C | 27,25°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 20,44°C |

IE3 generator na 1e run



1e meting IE3.IS2

22-4-2014 6:54:57

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de eerste run, hier werd de motor ingesteld op 1000tr/min ZONDER belasting van de generator.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken.

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

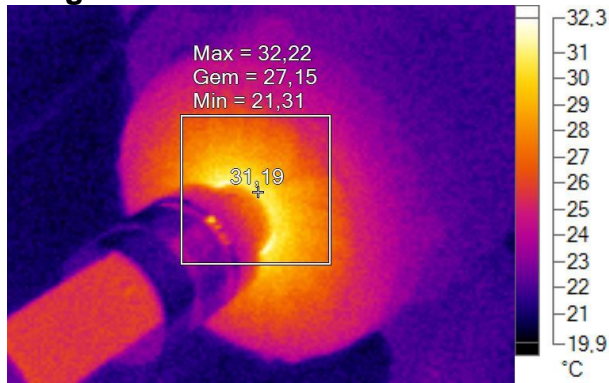
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 19,34°C tot 28,09°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 25,38°C | 20,72°C | 28,09°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 27,03°C |

IE3 generator na 2e run



2e meting IE3.IS2

22-4-2014 7:26:40

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de tweede run, hier werd de motor ingesteld op 1500tr/min ZONDER belasting van de generator.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is niet fel gestegen.

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

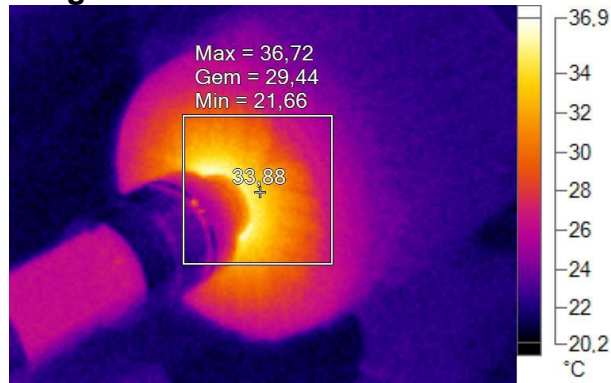
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,00°C tot 32,22°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 27,15°C | 21,31°C | 32,22°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 31,19°C |

IE3 generator na 3e run



3e meting IE3.IS2

22-4-2014 7:57:29

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de derde run, hier werd de motor ingesteld op 2200tr/min ZONDER belasting van de generator.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is niet fel gestegen.

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

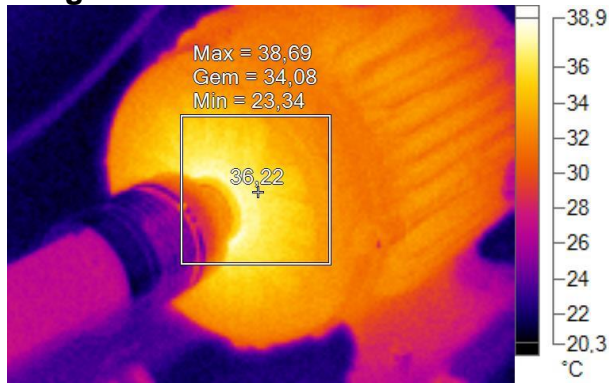
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,38°C tot 36,72°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 29,44°C | 21,66°C | 36,72°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 33,88°C |

IE3 generator na 4e run



4e meting IE3.IS2

22-4-2014 8:29:02

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de vierde run, hier werd de motor ingesteld op 1000tr/min met belasting van de generator van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is niet fel gestegen door de relatief lage belasting.

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

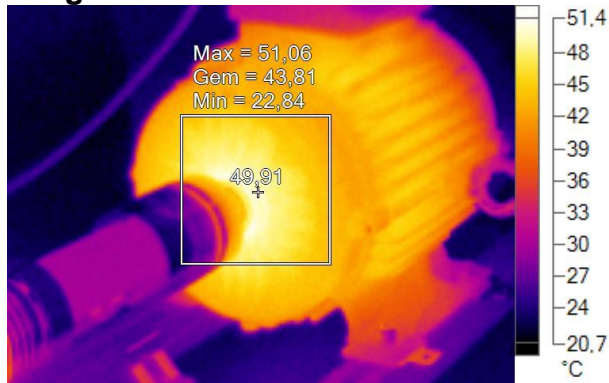
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,50°C tot 38,69°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 34,08°C | 23,34°C | 38,69°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 36,22°C |

IE3 generator na 5e run



5e meting IE3.IS2

22-4-2014 9:00:08

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de vijfde run, hier werd de motor ingesteld op 1000tr/min met belasting van de generator van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 13,7°C gestegen, dit komt door de zware belasting en het lage toerental (niet voldoende koeling).

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

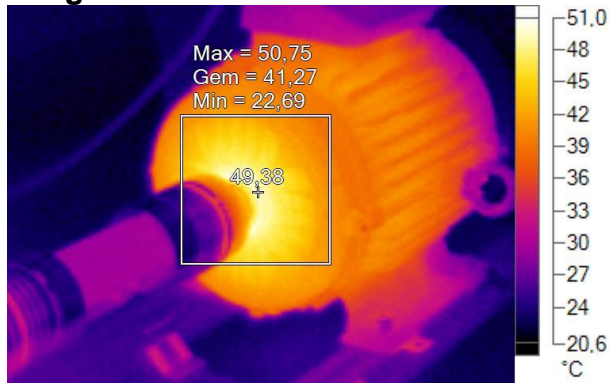
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,00°C tot 51,06°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 43,81°C | 22,84°C | 51,06°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 49,91°C |

IE3 generator na 6e run



6e meting IE3.IS2

22-4-2014 9:31:11

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de zesde run, hier werd de motor ingesteld op 1500tr/min met belasting van de generator van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is niet fel gestegen door de relatief lage belasting.

Vergelijken met E2 SKF lagere (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

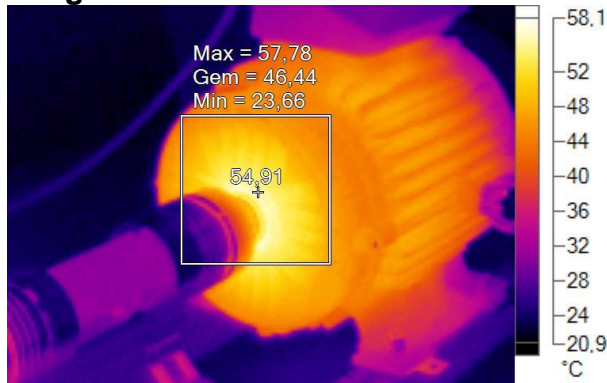
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,94°C tot 50,75°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 41,27°C | 22,69°C | 50,75°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 49,38°C |

IE3 generator na 7e run



7e meting IE3.IS2

22-4-2014 10:02:59

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de zevende run, hier werd de motor ingesteld op 1500tr/min met belasting van de generator van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is 5,5°C gestegen, dit temperatuurverschil is nog aanvaardbaar, hij zit hier dan ook rond zijn nominaal toerental en nog onder zijn nominaal koppel.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

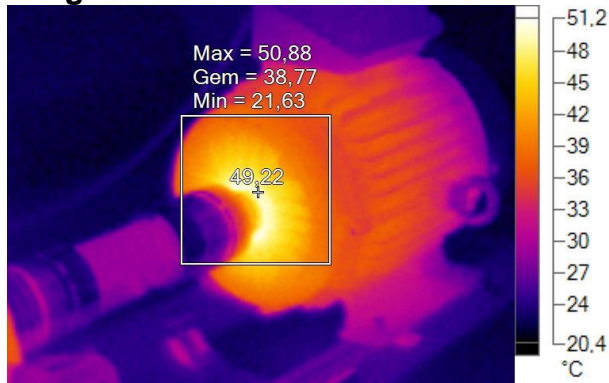
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,28°C tot 57,78°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 46,44°C | 23,66°C | 57,78°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 54,91°C |

IE3 generator na 8e run



8e meting IE3.IS2

22-4-2014 10:34:06

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de achtste run, hier werd de motor ingesteld op 2200tr/min met belasting van de generator van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is niet fel gestegen door de relatief lage belastingen het hoge toerental.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

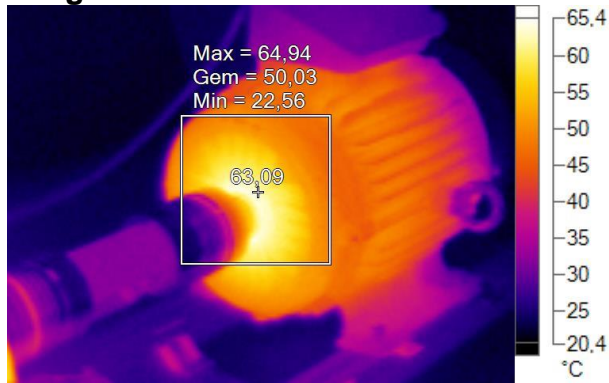
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,66°C tot 50,88°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 38,77°C | 21,63°C | 50,88°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 49,22°C |

IE3 generator na 9e run



9e meting IE3.IS2

22-4-2014 11:17:55

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de zevende run, hier werd de motor ingesteld op 2200tr/min met belasting van de generator van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 13,9°C gestegen, dit komt door de zware belasting en hier wordt boven het nominaal toerental en koppel gewerkt waardoor de stroomwaarde ook boven nominaal stijgt.

Vergelijken met E2 SKF lagers (High Efficiency).



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,88°C tot 64,94°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 50,03°C | 22,56°C | 64,94°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 63,09°C |

Samenvatting

Over het algemeen is er niets speciaals of alarmerend op te merken aan de uitgevoerde metingen. De generator warmt altijd op bij de te verwachten instelpunt. Temperatuur dient wel nauw in het oog gehouden worden van het moment men boven het nominaal toerental gaat werken. Zonder belasting blijft deze relatief koel.

Met belasting zijn de temperaturen ook zoals te verwachten zijn, Bij een laag toerental is het temperatuurverschil groot bij de verschillende belastingen, dit komt door het lage toerental en dus ook traag draaiende ventilator. Bij het midden liggende toerental is het temperatuurverschil kleiner, dit komt waarschijnlijk omdat de waardes hier liggen rond de nominale waardes, en dus de koeling ook optimaal is. Bij het hoog toerental is het temperatuurverschil dan weer groot, dit omdat we hier weer boven de nominale waardes zitten. De koeling zal dan niet meer optimaal zijn werk doen, en de generator warmt inwendig ook meer op.

Bijlage e:

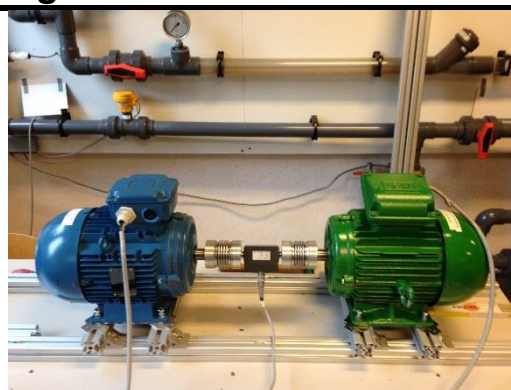


Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag motor-generator opstelling PWO E006

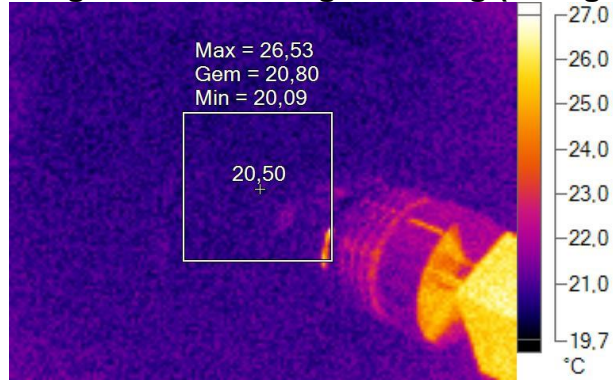
*Vaste opstelling IE3 4kW generator SKF E2
lagers*



Aangemaakt voor:

Ilona Stouten
ilona.stouten@pxl.be

IE3 generator 's morgens vroeg (E2 lagers)



0e meting IE3 E2 lagers.IS2

2-6-2014 5:58:09

Dit is een beeld van de IE3 generator 's morgens vroeg, de generator heeft heel de nacht stilgestaan en is dus tot de omgeving temperatuur afgekoeld.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is gelijkaardig aan de motor met de standaard lagers.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

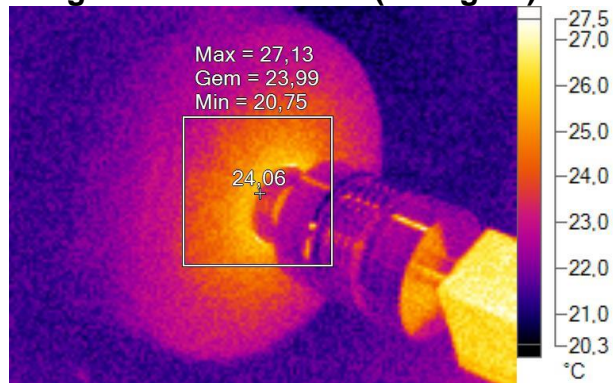
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 19,81°C tot 26,94°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|--------------|---------|---------|---------|
| Centraalvlak | 20,80°C | 20,09°C | 26,53°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 20,50°C |

IE3 generator na 1e run (E2 lagers)



1e meting IE3 E2 lagers.IS2

2-6-2014 6:29:12

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de eerste run, hier werd de motor ingesteld op 1000tr/min ZONDER belasting van de generator.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

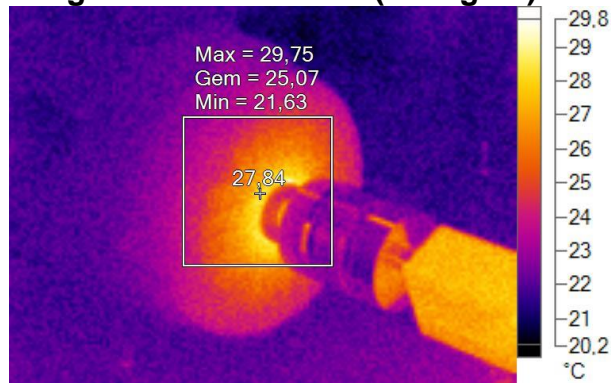
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,38°C tot 27,41°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 23,99°C | 20,75°C | 27,13°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 24,06°C |

IE3 generator na 2e run (E2 lagers)



2e meting IE3 E2 lagers.IS2

2-6-2014 6:59:33

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de tweede run, hier werd de motor ingesteld op 1500tr/min ZONDER belasting van de generator.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is maar 3,78°C gestegen.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

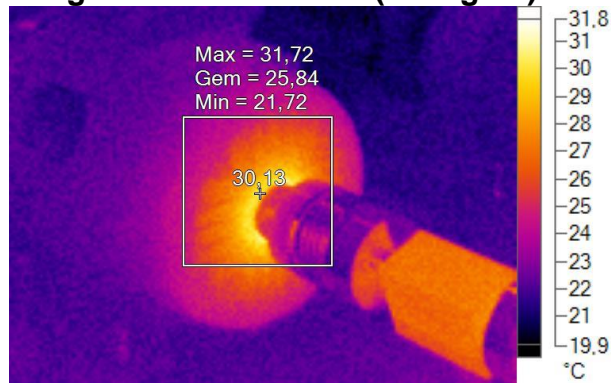
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,31°C tot 29,75°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 25,07°C | 21,63°C | 29,75°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 27,84°C |

IE3 generator na 3e run (E2 lagers)



3e meting IE3 E2 lagers.IS2

2-6-2014 7:29:53

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de derde run, hier werd de motor ingesteld op 2200tr/min ZONDER belasting van de generator.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is maar 2,29°C gestegen.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

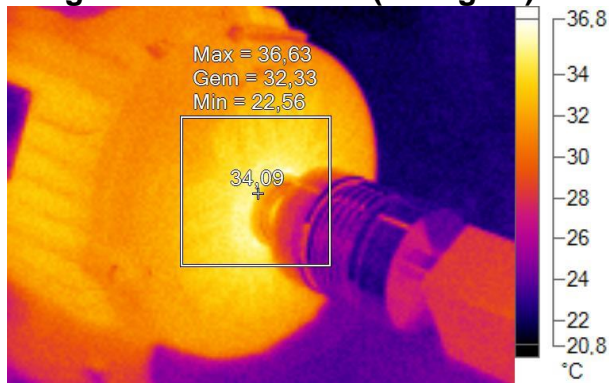
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,06°C tot 31,72°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 25,84°C | 21,72°C | 31,72°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 30,13°C |

IE3 generator na 4e run (E2 lagers)



Zichtbaar lichtbeeld

4e meting IE3 E2 lagers.IS2

2-6-2014 8:00:46

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de vierde run, hier werd de motor ingesteld op 1000tr/min met belasting van de generator van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is nauwelijks gestegen door de relatief lage belasting.

Beeldinfo

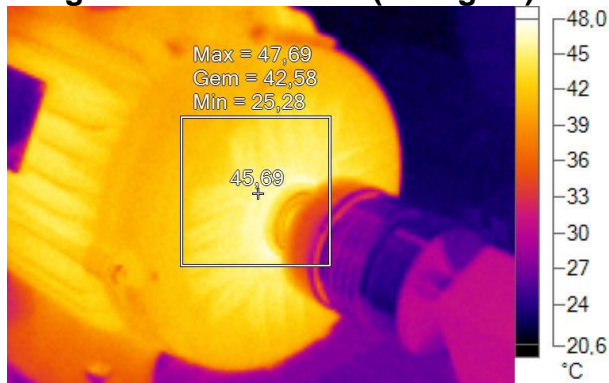
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,94°C tot 36,63°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 32,33°C | 22,56°C | 36,63°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 34,09°C |

IE3 generator na 5e run (E2 lagers)



5e meting IE3 E2 lagers.IS2

2-6-2014 8:27:37

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de vijfde run, hier werd de motor ingesteld op 1000tr/min met belasting van de generator van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is 11,6°C gestegen, dit komt door de zware belasting en het lage toerental (niet voldoende koeling).



Zichtbaar lichtbeeld

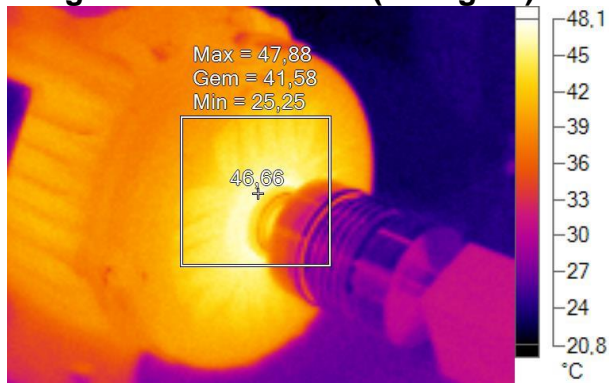
Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 20,84°C tot 47,69°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 42,58°C | 25,28°C | 47,69°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 45,69°C |

IE3 generator na 6e run (E2 lagers)**Zichtbaar lichtbeeld****6e meting IE3 E2 lagers.IS2**

2-6-2014 9:01:13

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de zesde run, hier werd de motor ingesteld op 1500tr/min met belasting van de generator van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is nauwelijks gestegen door de relatief lage belasting.

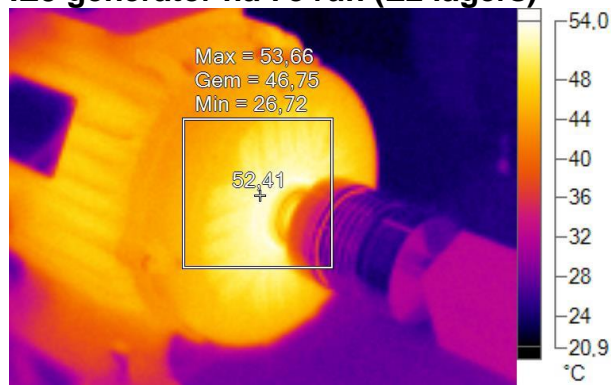
Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,09°C tot 47,88°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 41,58°C | 25,25°C | 47,88°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 46,66°C |

IE3 generator na 7e run (E2 lagers)**7e meting IE3 E2 lagers.IS2**

2-6-2014 9:33:13

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de zevende run, hier werd de motor ingesteld op 1500tr/min met belasting van de generator van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is 5,75°C gestegen, dit temperatuurverschil is nog aanvaardbaar, hij zit hier dan ook rond zijn nominaal toerental en nog onder zijn nominaal koppel.

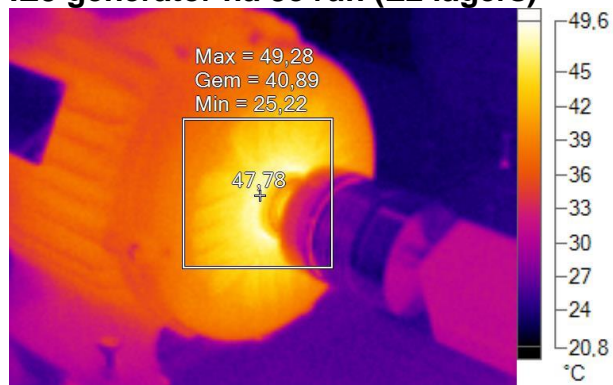
**Zichtbaar lichtbeeld****Beeldinfo**

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,22°C tot 53,66°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 46,75°C | 26,72°C | 53,66°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 52,41°C |

IE3 generator na 8e run (E2 lagers)**8e meting IE3 E2 lagers.IS2**

2-6-2014 10:01:38

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de achtste run, hier werd de motor ingesteld op 2200tr/min met belasting van de generator van 8Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Niks abnormaal op te merken. Temperatuur is gedaald door de relatief lage belastingen het hoge toerental.

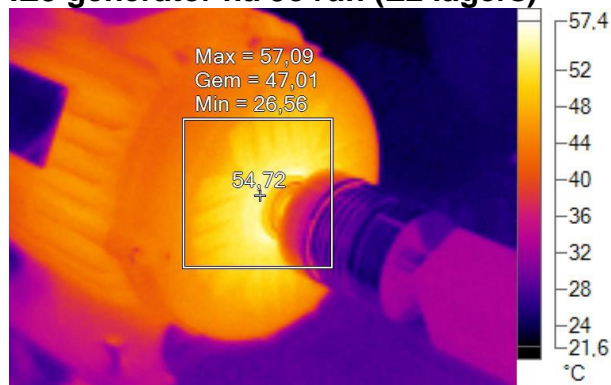
**Zichtbaar lichtbeeld****Beeldinfo**

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,06°C tot 49,28°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 40,89°C | 25,22°C | 49,28°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 47,78°C |

IE3 generator na 9e run (E2 lagers)**9e meting IE3 E2 lagers.IS2**

2-6-2014 10:33:59

Hier is een beeld te zien van de IE3 generator na de zevende run, hier werd de motor ingesteld op 2200tr/min met belasting van de generator van 20Nm.

Foto gemaakt na een half uur draaien.

Temperatuur is maar 6,94°C gestegen, dit komt door de zware belasting en hier wordt boven het nominaal toerental en koppel gewerkt waardoor de stroomwaarde ook boven nominaal stijgt.

**Zichtbaar lichtbeeld****Beeldinfo**

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,87 |
| Beeldbereik | 21,94°C tot 57,09°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 47,01°C | 26,56°C | 57,09°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 54,72°C |

Samenvatting

Over het algemeen is er niets speciaals of alarmerend op te merken aan de uitgevoerde metingen. De generator warmt altijd op bij de te verwachten instelpunt. Temperatuur dient wel nauw in het oog gehouden worden van het moment men boven het nominaal toerental gaat werken. Zonder belasting blijft deze relatief koel.

Met belasting zijn de temperaturen ook zoals te verwachten zijn, Bij een laag toerental is het temperatuurverschil groot bij de verschillende belastingen, dit komt door het lage toerental en dus ook traag draaiende ventilator. Bij het midden liggende toerental is het temperatuurverschil kleiner, dit komt waarschijnlijk omdat de waardes hier liggen rond de nominale waardes, en dus de koeling ook optimaal is. Bij het hoog toerental is het temperatuurverschil dan weer groot, dit omdat we hier weer boven de nominale waardes zitten. De koeling zal dan niet meer optimaal zijn werk doen, en de generator warmt inwendig ook meer op.

Ook hier ligt de temperatuur van de generator over het algemeen doorheen de metingen 2 tot 5°C lager (afhankelijk of het met de lichte of zware belasting was) met de E2 lagers van SKF als met de standaard lagers. Zoals in de ISO rendementscurves te zien valt ligt het rendement ook beduidend hoger maar minder als in de IE2 motor.

Het is duidelijk dat dit soort lager wel degelijk een verschil maakt in warmteontwikkeling (en bijkomstig dus ook rendement) wat ook lijdt tot een beter levensduur van het lager.

Bijlage f:



Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag tandwielkast PWO E006

Tandwielkast met olie van merk X

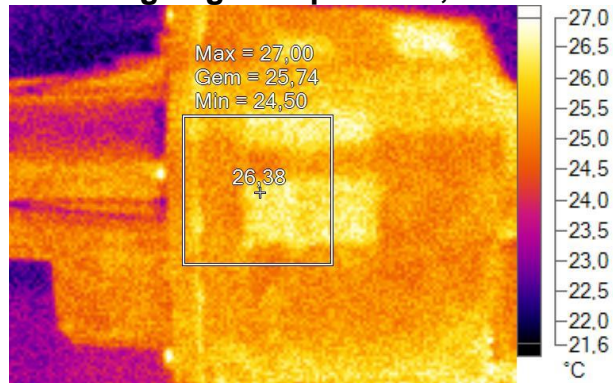


Aangemaakt voor:

Ilona Stouten

ilona.stouten@pxl.be

0e meting begintemperatuur, olie merk X (standaard fabriek)



Zichtbaar lichtbeeld

0e meting olie 1.IS2

10-6-2014 9:31:43

Hier is een beeld van de tandwielkast met een begintemperatuur van 26,38°C. Deze temperatuur is willekeurig gekozen, wegens tijdsnood hebben we besloten alleen het temperatuurverschil waar te nemen en hiermee vergelijkingen mee te maken.

Dit is de begintemperatuur van de tandwielkast met de standaard fabrieksolie erin van merk X.

Beeldinfo

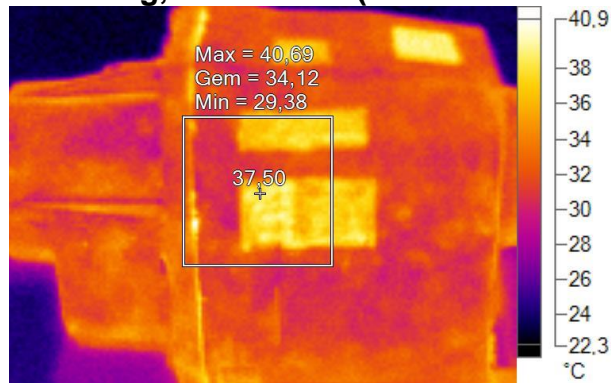
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 21,59°C tot 27,81°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 25,74°C | 24,50°C | 27,00°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 26,38°C |

1e meting, olie merk X (standaard fabriek)



1e meting olie 1.IS2

10-6-2014 10:06:33

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 1400tr/min en een belasting van 16Nm.

De temperatuur is 11,12°C gestegen ten opzichte van het begin punt. Dit is niet abnormaal.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 22,44°C tot 40,69°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 34,12°C | 29,38°C | 40,69°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 37,50°C |

2e meting, olie merk X (standaard fabriek)



2e meting olie 1.IS2

10-6-2014 10:27:21

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 2000tr/min en een belasting van 15Nm.

De temperatuur is 6,91°C gestegen ten opzichte van het vorige punt. Dit is niet abnormaal.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

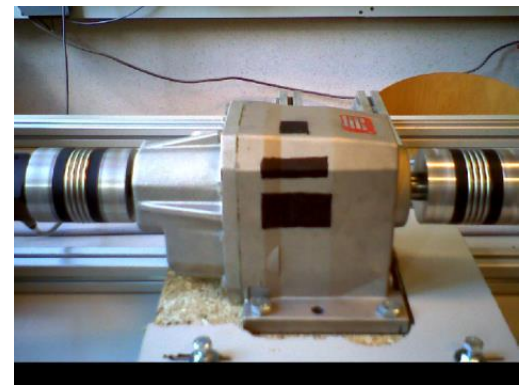
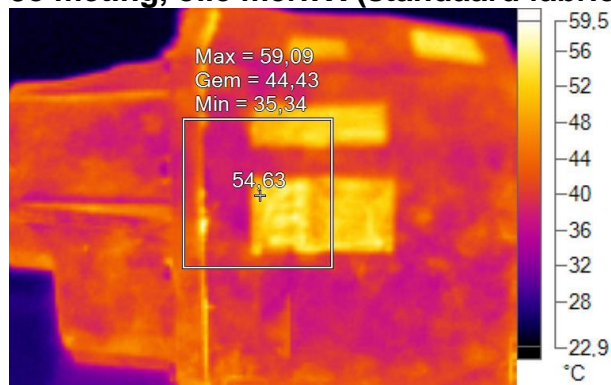
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 22,78°C tot 47,22°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 38,25°C | 31,84°C | 47,22°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 44,41°C |

3e meting, olie merk X (standaard fabriek)



Zichtbaar lichtbeeld

3e meting olie 1.IS2

10-6-2014 11:21:56

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 2800tr/min en een belasting van 8Nm.

De temperatuur is 10,22°C gestegen ten opzichte van het vorige punt. Dit is niet abnormaal.

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 23,25°C tot 59,09°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 44,43°C | 35,34°C | 59,09°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 54,63°C |

Samenvatting

We hebben voor de metingen zo correct mogelijk uit te voeren, verschillende zwarte vlakken getekend.

De tandwielkast heeft telkens een half uur gedraaid, alleen bij de laatste meting heeft hij een half uur stil moeten staan omdat de frequentieregelaar in thermische veiligheid is gegaan, maar de begintemperatuur is teruggebracht op de temperatuur van ervoor.

De temperatuurstijgingen geven niets alarmerend aan, ze moeten nog vergeleken worden met de ExxonMobil 600XP series en de SHC600 series.

Bijlage g:



Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag tandwielkast PWO E006

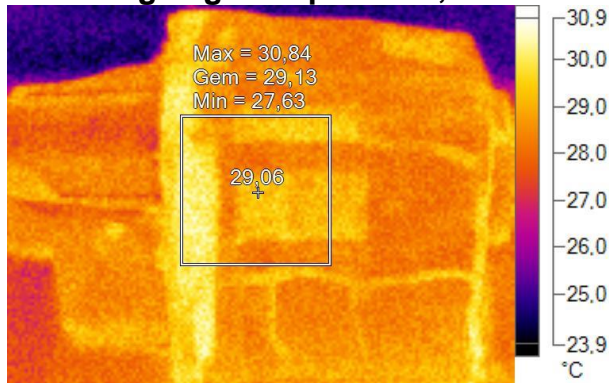
Tandwielkast met olie ExxonMobil 600XP series



Aangemaakt voor:

Ilona Stouten
ilona.stouten@pxl.be

0e meting begintemperatuur, olie ExxonMobil 600XP320 (min)



Zichtbaar lichtbeeld

0e meting olie 2.IS2

10-6-2014 13:19:37

Hier is een beeld van de tandwielkast met een begintemperatuur van 29,06°C. Deze temperatuur is willekeurig gekozen, wegens tijdsnood hebben we besloten alleen het temperatuurverschil waar te nemen en hiermee vergelijkingen mee te maken.

Dit is de begintemperatuur van de tandwielkast met de ExxonMobil 600XP series olie in.

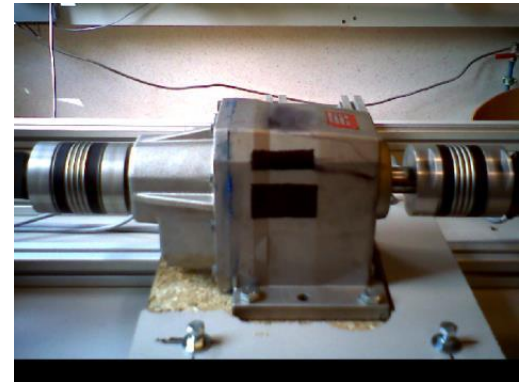
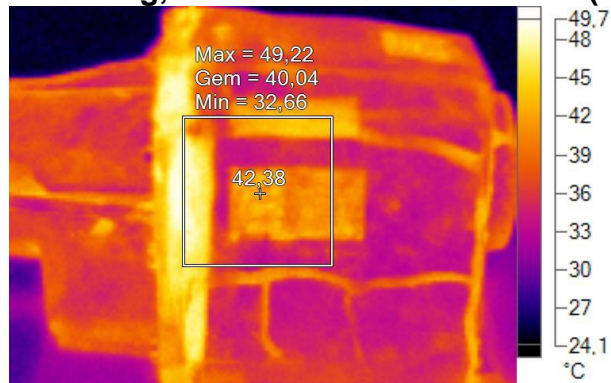
Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 24,00°C tot 30,84°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 29,13°C | 27,63°C | 30,84°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 29,06°C |

1e meting, olie ExxonMobil 600XP320 (min)**Zichtbaar lichtbeeld****1e meting olie 2.IS2**

10-6-2014 13:48:48

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 1400tr/min en een belasting van 16Nm.

De temperatuur is 13,32°C gestegen ten opzichte van het begin punt. Dit is niet abnormaal.

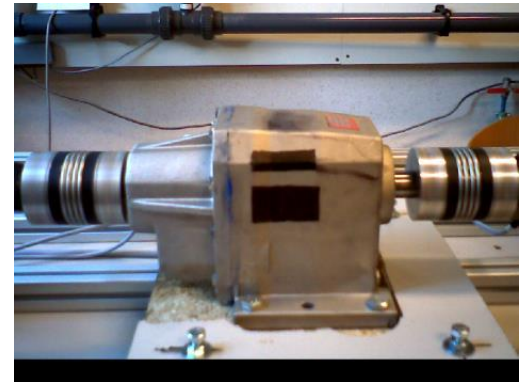
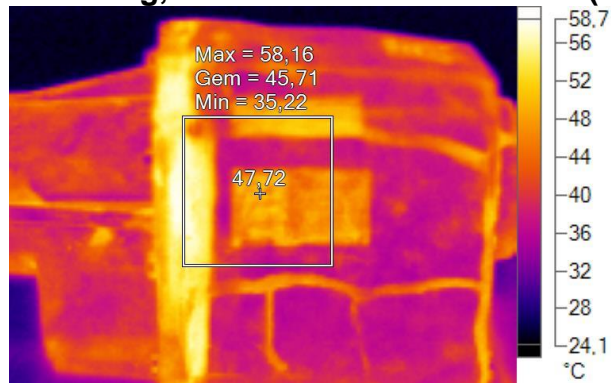
Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 24,38°C tot 49,44°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 40,04°C | 32,66°C | 49,22°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 42,38°C |

2e meting, olie ExxonMobil 600XP320 (min)**Zichtbaar lichtbeeld****2e meting olie 2.IS2**

10-6-2014 14:09:04

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 2000tr/min en een belasting van 15Nm.

De temperatuur is 5,34°C gestegen ten opzichte van het vorige punt. Dit is niet abnormaal.

Beeldinfo

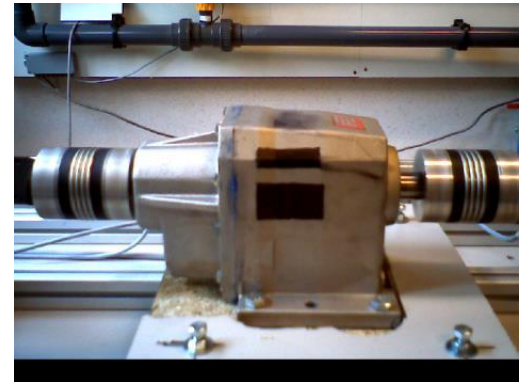
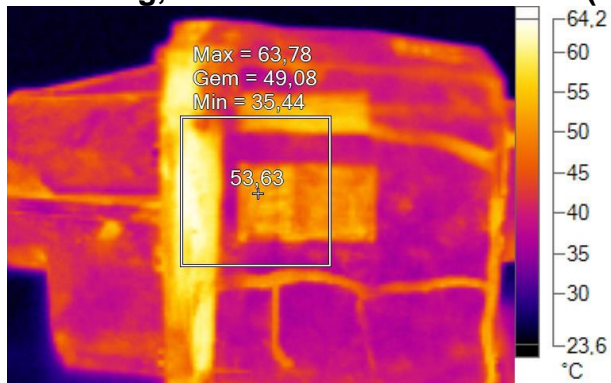
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 24,47°C tot 58,31°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 45,71°C | 35,22°C | 58,16°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 47,72°C |

3e meting, olie ExxonMobil 600XP320 (min)



Zichtbaar lichtbeeld

3e meting olie 2.IS2

10-6-2014 15:06:58

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 2800tr/min en een belasting van 8Nm.

De temperatuur is maar 5,91°C gestegen ten opzichte van het vorige punt. Dit is niet abnormaal.

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 24,00°C tot 63,78°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 49,08°C | 35,44°C | 63,78°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 53,63°C |

Samenvatting

We hebben voor de metingen zo correct mogelijk uit te voeren, verschillende zwarte vlakken getekend.

De tandwielkast heeft telkens een half uur gedraaid, alleen bij de laatste meting heeft hij een half uur stil moeten staan omdat de frequentieregelaar in thermische veiligheid is gegaan, maar de begintemperatuur is teruggebracht op de temperatuur van ervoor.

De temperatuurstijgingen geven niets alarmerend aan, het temperatuurverschil van de begintemperatuur en de 1e meting ligt hoger als bij de standaard olie, voor de andere metingen zijn deze lichtjes gedaald. Het kan zijn, ondanks spoeling en het mechanisch proper maken van de tandwielkast, dat er toch nog deeltjes overgebleven zijn van de vorige standaard olie of dat de olie niet genoeg ingedraaid heeft.

Nog te vergelijken met de ExxonMobil SHC600 series.

Bijlage h:

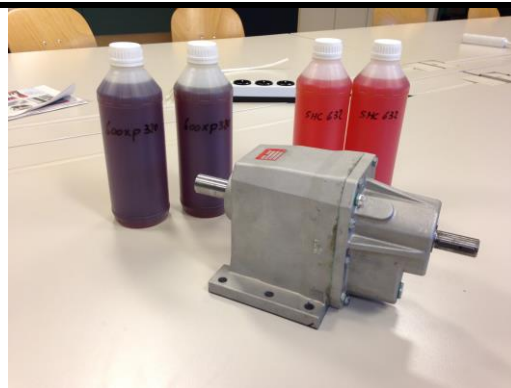


Hogeschool PXL

Mattias Deckmyn
email: mattias.deckmyn@student.pxl.be
mobiel: +32 (0)474/85.66.12

Thermografisch verslag tandwielkast PWO E006

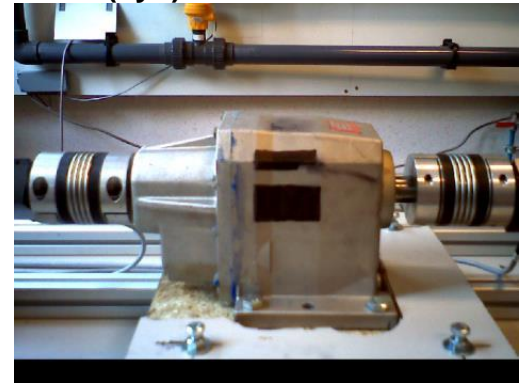
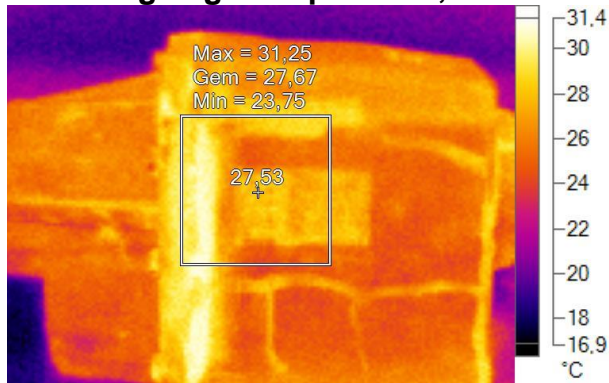
Tandwielkast met olie ExxonMobil SHC600 series



Aangemaakt voor:

Ilona Stouten
ilona.stouten@pxl.be

0e meting begintemperatuur, olie ExxonMobil SHC632 (syn)



Zichtbaar lichtbeeld

0e meting olie 3.IS2

11-6-2014 7:54:31

Hier is een beeld van de tandwielkast met een begintemperatuur van 27,53°C. Deze temperatuur is willekeurig gekozen, wegens tijdsnood hebben we besloten alleen het temperatuurverschil waar te nemen en hiermee vergelijkingen mee te maken.

Dit is de begintemperatuur van de tandwielkast met de ExxonMobil SHC600 series olie in.

Beeldinfo

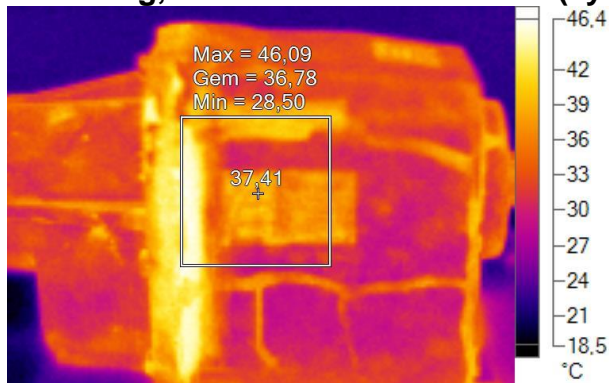
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 17,00°C tot 31,25°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 27,67°C | 23,75°C | 31,25°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 27,53°C |

1e meting, olie ExxonMobil SHC632 (syn)

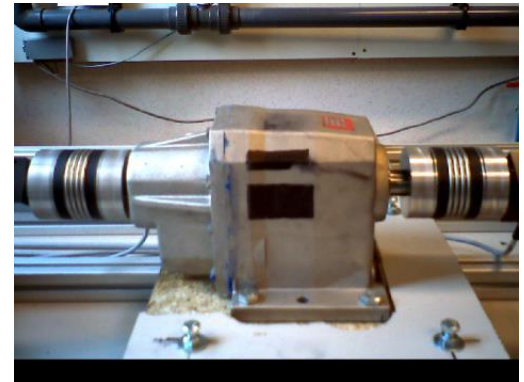


1e meting olie 3.IS2

11-6-2014 8:24:57

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 1400tr/min en een belasting van 16Nm.

De temperatuur is 9,88°C gestegen ten opzichte van het begin punt. Dit is niet abnormaal.



Zichtbaar lichtbeeld

Beeldinfo

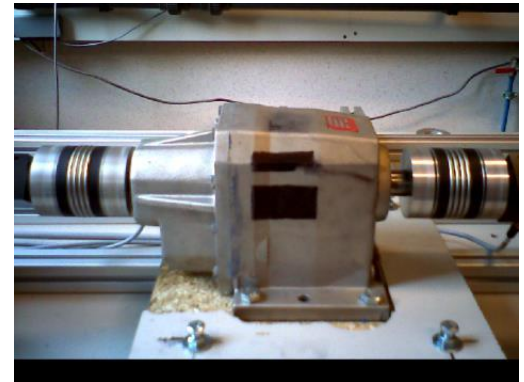
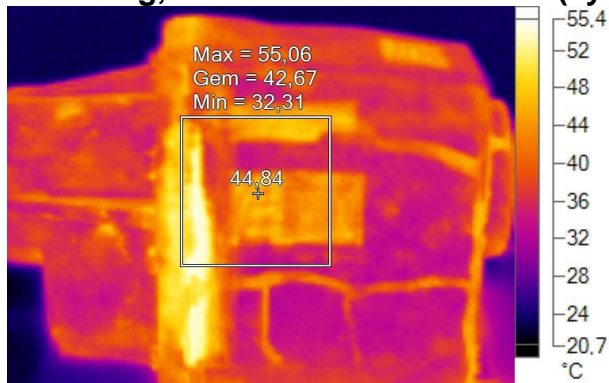
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 18,75°C tot 46,13°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 36,78°C | 28,50°C | 46,09°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 37,41°C |

2e meting, olie ExxonMobil SHC632 (syn)



Zichtbaar lichtbeeld

2e meting olie 3.IS2

11-6-2014 9:41:36

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 2000tr/min en een belasting van 15Nm.

De temperatuur is 7,43°C gestegen ten opzichte van het vorige punt. Dit is niet abnormaal.

Beeldinfo

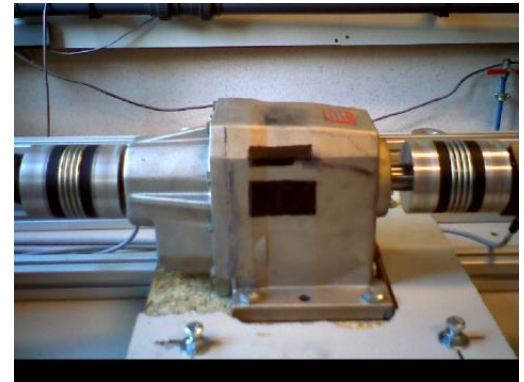
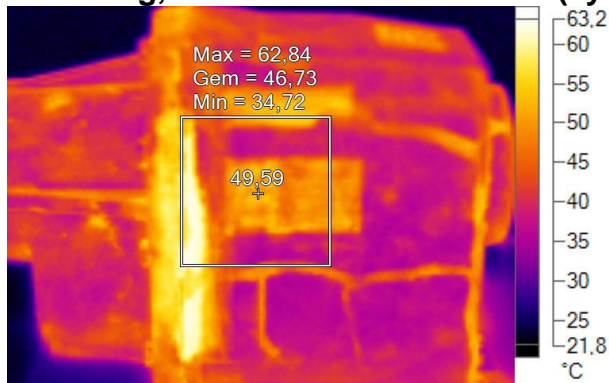
| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 21,00°C tot 55,06°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 42,67°C | 32,31°C | 55,06°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 44,84°C |

3e meting, olie ExxonMobil SHC632 (syn)



Zichtbaar lichtbeeld

3e meting olie 3.IS2

11-6-2014 10:12:15

Dit is een beeld van de tandwielkast na een half uur gedraaid te hebben op een toerental van 2800tr/min en een belasting van 8Nm.

De temperatuur is maar 4,75°C gestegen ten opzichte van het vorige punt. Dit is niet abnormaal.

Beeldinfo

| | |
|--------------------|---------------------|
| Emissiviteit | 0,80 |
| Beeldbereik | 22,25°C tot 62,84°C |
| Cameramodel | Ti10 |
| Afmeting IR-sensor | 160 x 120 |
| Camera fabrikant | Fluke Thermography |
| Beschrijving lens | 20mm |

Belangrijkste beeldmarkering

| Naam | Gem | Min | Max |
|---------------|---------|---------|---------|
| Centraal vlak | 46,73°C | 34,72°C | 62,84°C |

| Naam | Temperatuur |
|--------------|-------------|
| Centraalpunt | 49,59°C |

Samenvatting

We hebben voor de metingen zo correct mogelijk uit te voeren, verschillende zwarte vlakken getekend.

De tandwielkast heeft telkens een half uur gedraaid, alleen bij de laatste meting heeft hij een half uur stil moeten staan omdat de frequentieregelaar in thermische veiligheid is gegaan, maar de begintemperatuur is teruggebracht op de temperatuur van ervoor.

De temperatuurstijgingen geven niets alarmerend aan, met uitzondering van de 2e meting zijn alle temperatuurstijgingen lager dan bij de vorige 2 testen, om zeker te weten of de 2e meting een correcte is dient deze meting opnieuw uitgevoerd te worden. Voor de rest is de temperatuur lager dan zowel de standaard olie als de minerale olie van ExxonMobil.

