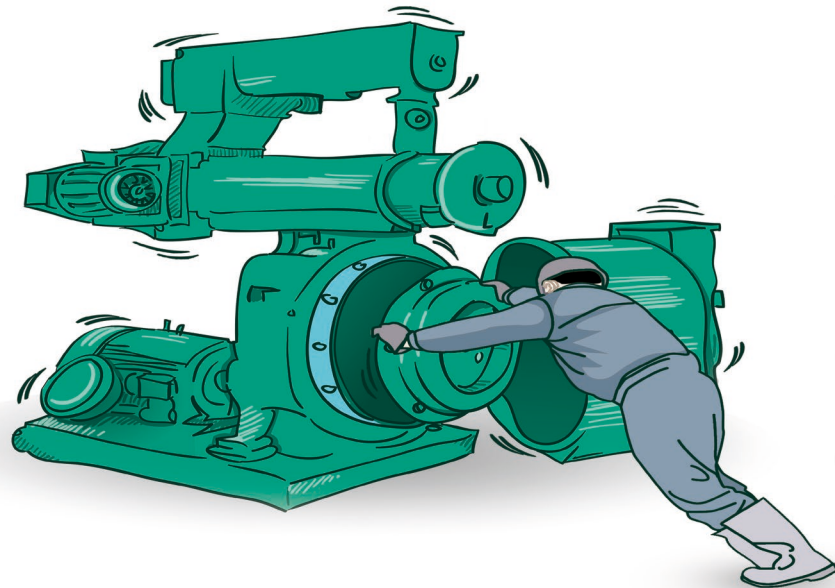


מערכת חכמה לניטור רעידות בציוד סובב

SIPLUS CMS

מכונה תחת בקרה

SIEMENS
Ingenuity for life



אין מכונות ללא רעידות
השאלה היא מתי הרעידות גורמות לתקלות?
מה סוג התקלה?
האם המכונה תעצור באופן פתאומי בעקבות התקלה?

SIPLUS CMS
מערכת ניטור הרעידות בצידוד סובב הינה התשובה לתחזוקה חזויה

SIPLUS CMS יכולות מערכת הניטור

SIEMENS
Ingenuity for life

ראיה



מגע



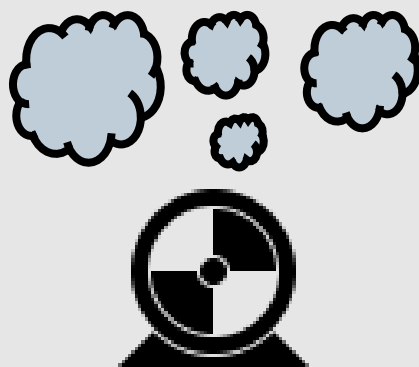
שמיעה



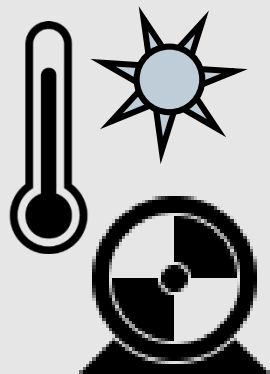
SIPLUS CMS



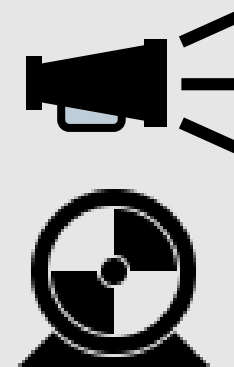
עשן



חום



רעש



זיהוי מוקדם



דקות

ימים

שבועות

חודשים

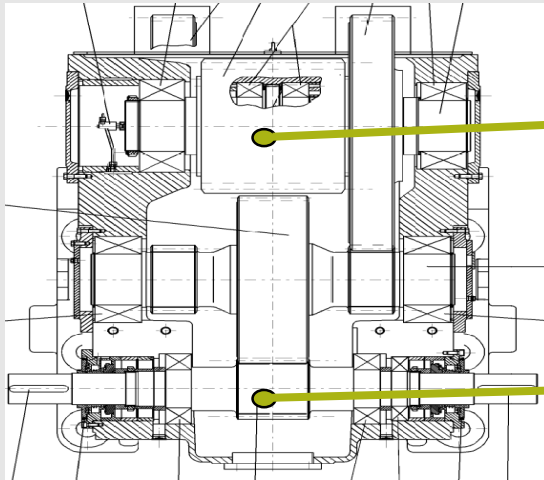
זמן צפוי עד לעצירת המכונה

SIPLUS CMS – דוגמה מהשטח

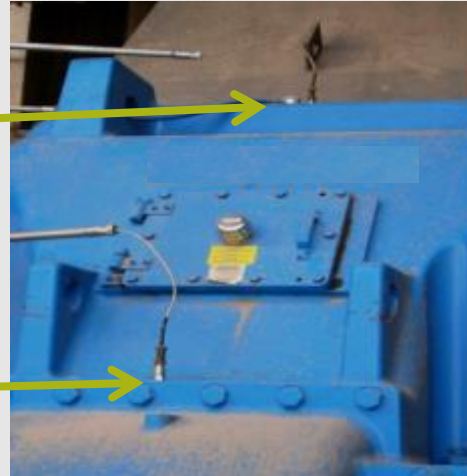
כשל במיסב של ממסרה

SIEMENS
Ingenuity for life

שרטוט



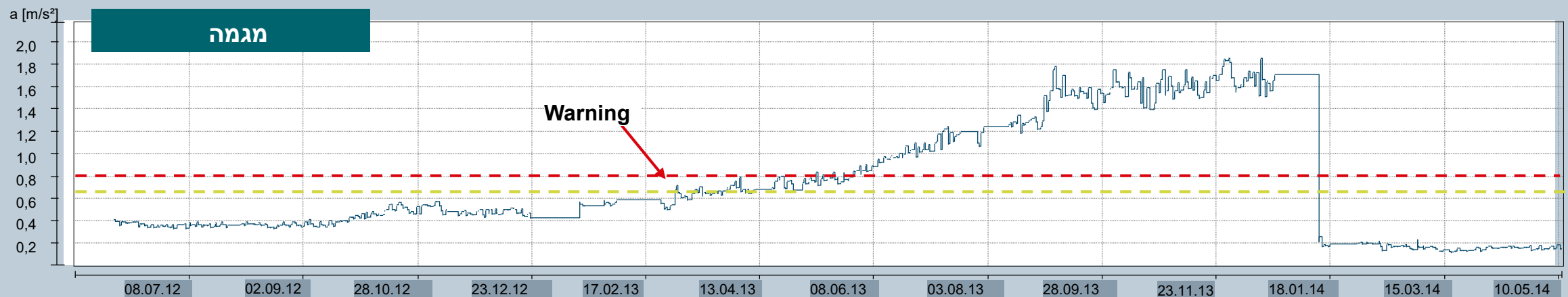
תמונה



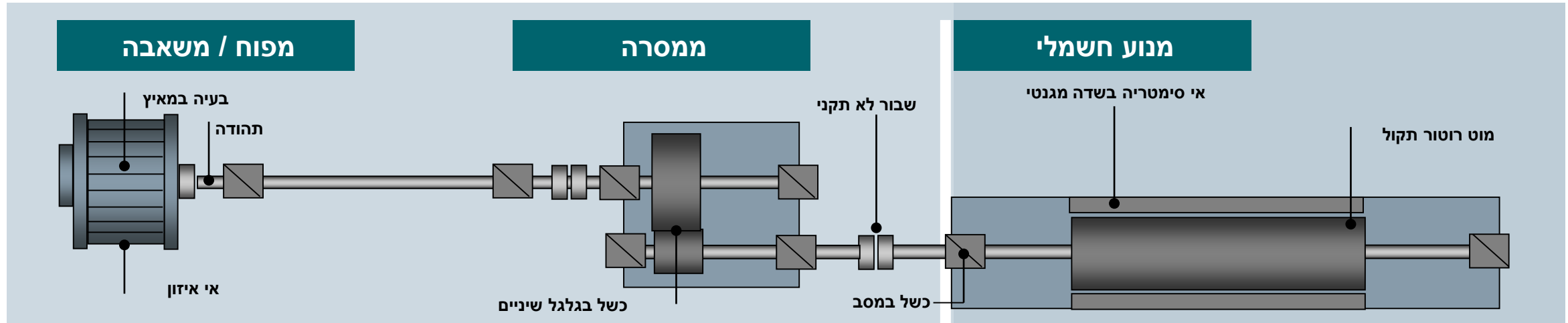
כשל בטבעת פנימית של המסב



מגמה



ניטור רעידות בעזרת מערכת SIPLUS CMS מה הן סוגי התקלות שניתן לזהות?



מערכת SIPLUS CMS – הרבה יותר ממערכת ניטור רעידות!

כשלים מכניים

תהודה	אי איזון
כשל במסב	כשל בגלגל שיניים
שבור לא תקין	בעיה במאיץ

ניטור מצב המנוע

כשלים חשמליים

אי סימטריה בשדה מגנטי
מוט רוטור תקול

SIPLUS CMS – סוגי ניתוח

ניתוח המבוסס על פרמטרים



SIPLUSIPLUS CMS

ניתוח המבוסס על פרמטרים – ניטור ערכים אופייניים

SIEMENS
Ingenuity for life

מידע בסיסי לקביעת ערכי סף בהתאם לתקן
ISO10816

200kW הספק של המנוע:
315mm גובה ציר:
קשיח סוג הבסיס:
מפוח חדש שהותקן באחרונה

ערכי סף מחושבים לפי התקן

סף התראה: 4,5 mm/s

סף אזהרה: 2,8 mm/s

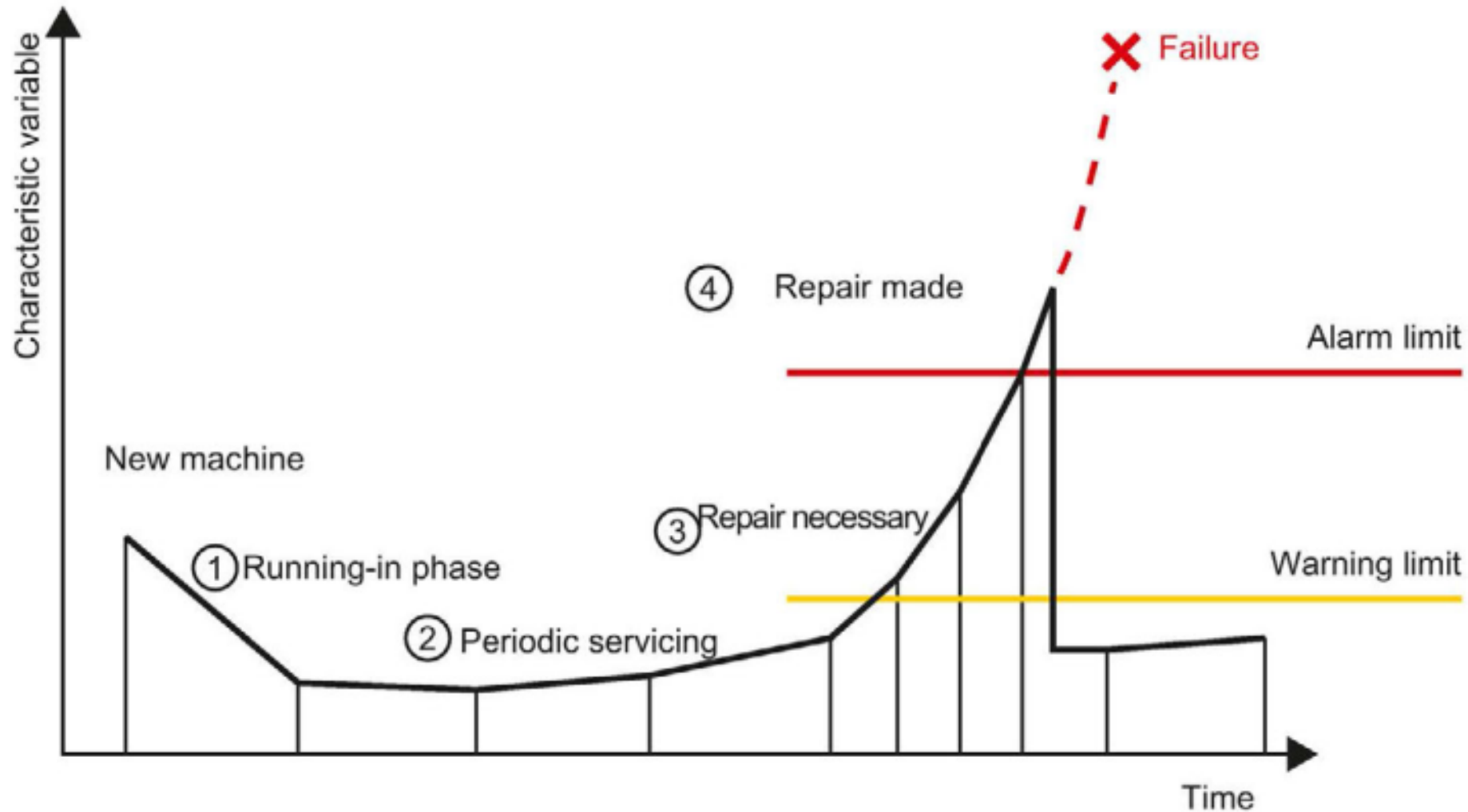
								Vibration velocity v [rms]		10-1000 Hz, n > 600 1/min (2-1000 Hz, n > 120 1/min)
								mm/s	inch/s	
								11	0,44	
								7,1	0,28	
								4,5	0,18	
								3,5	0,11	
								2,8	0,07	
								2,3	0,04	
								1,4	0,03	
								0,71	0,02	
Rigid	Soft	Rigid	Soft	Rigid	Soft	Rigid	Soft	Foundation		
Pumps > 15 kW Radial, axial, diagonal				Medium-sized Machines 15 kW < P ≤ 300 kW		Large Machines 300 kW < P < 50 MW		Machine type		
Direct Drive		Intermediate Shaft Belt Drive		Motors 160 mm ≤ H < 315 mm		Motors 315 mm ≤ H				
Group 4		Group 3		Group 2		Group 1		Group		

A Newly commissioned
B Unlimited long term operation

C Short term operation
D Vibrations cause damage

SIPLUS CMS

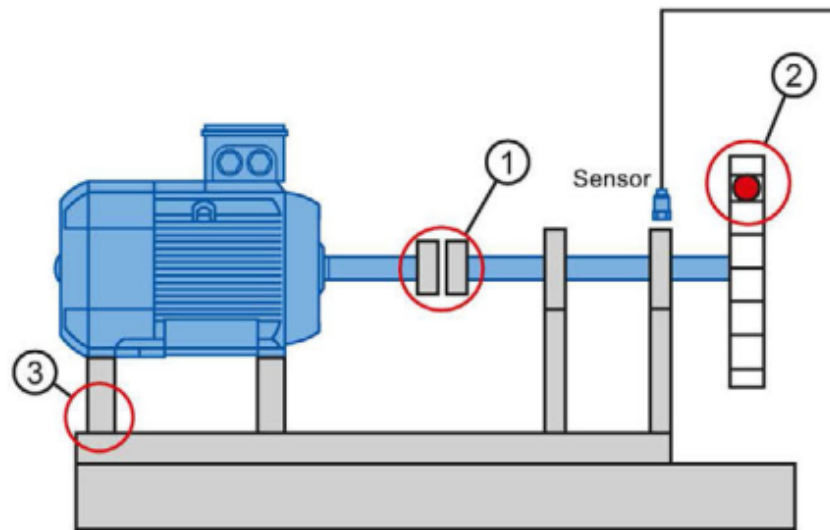
ניתוח המבוסס על פרמטרים - מגמות



SIPLUS CMS

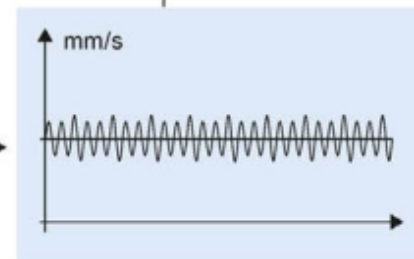
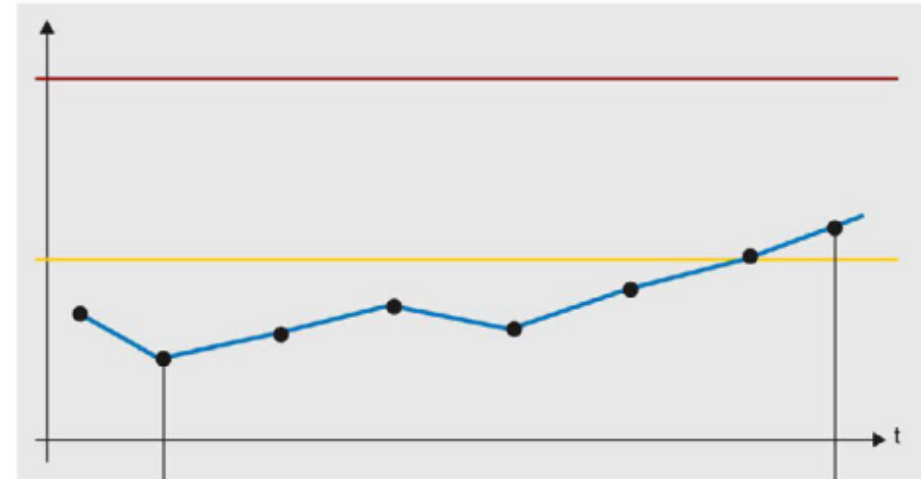
ניתוח המבוסס על פרמטרים - מגמות

SIEMENS
Ingenuity for life

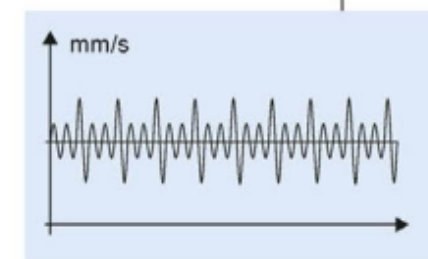


- ① Misalignment
- ② Unbalance
- ③ Motor mounted under stress

Characteristic variable: RMS



Measurement in fault-free condition



Increased amplitude of machine vibration

חסרונות:

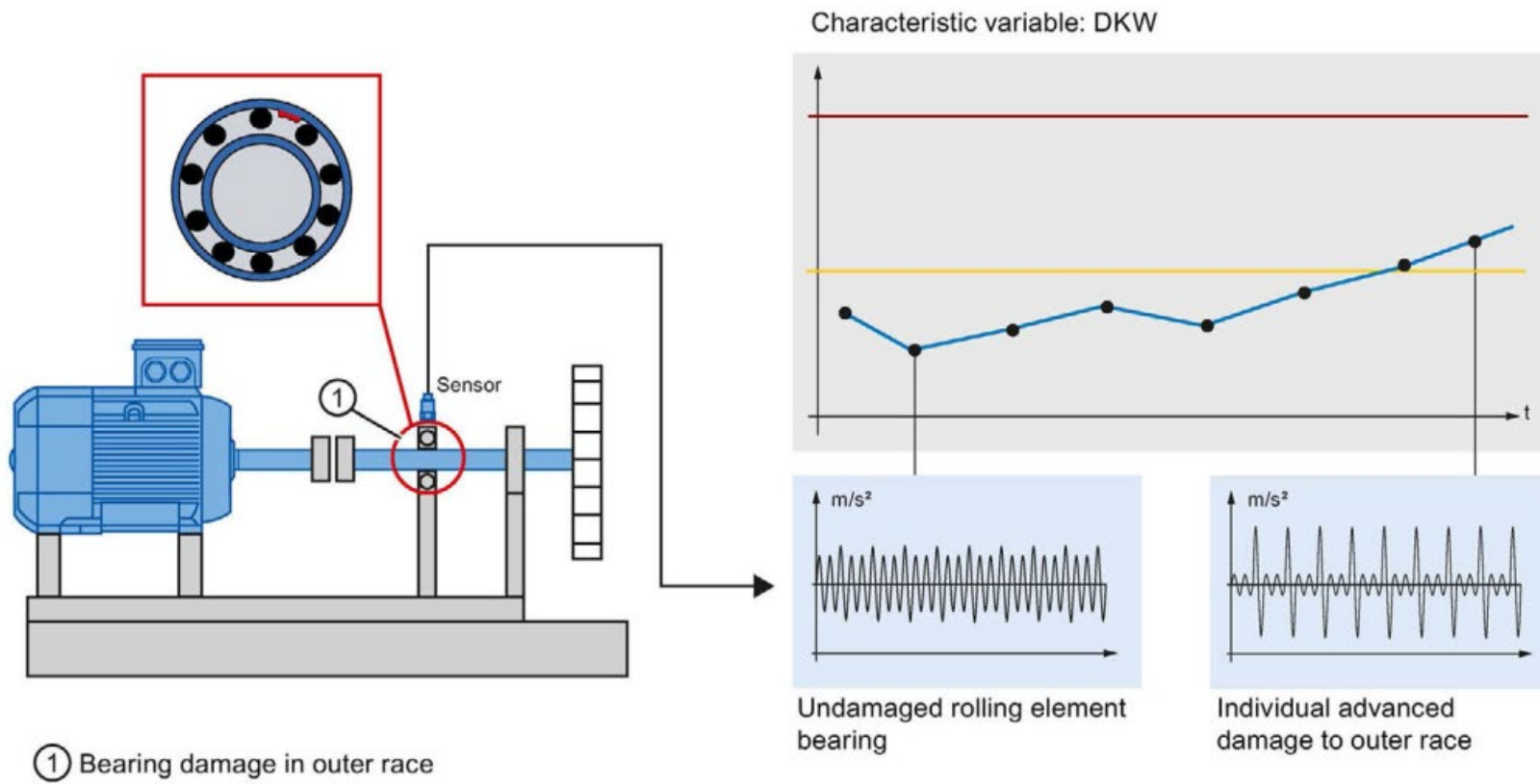
- לא ניתן להבחין בסוג הנזק
- נדרשת הבנת הבעיה ופתרון

SIPLUS CMS

ניתוח המבוסס על פרמטרים - מגמות

SIEMENS
Ingenuity for life

DKW - ניטור מצב של מיסב. נמדד ביחידות יחסיות. אם המיסב תקין, אזי $DKW = 1$. עליית הערך של DKW מצביע על נזק המתפתח במיסב



$$DKW(t) = \frac{a_{max}(t) \cdot a_{eff}(t)}{a_{max}(0) \cdot a_{eff}(0)}$$

$a_{max}(t)$ Current peak value for vibration acceleration
 $a_{RMS}(t)$ Current RMS value for vibration acceleration
 $a_{max}(0)$ Initial peak value for vibration acceleration
 $a_{RMS}(0)$ Initial RMS value for vibration acceleration

SIPLUS CMS

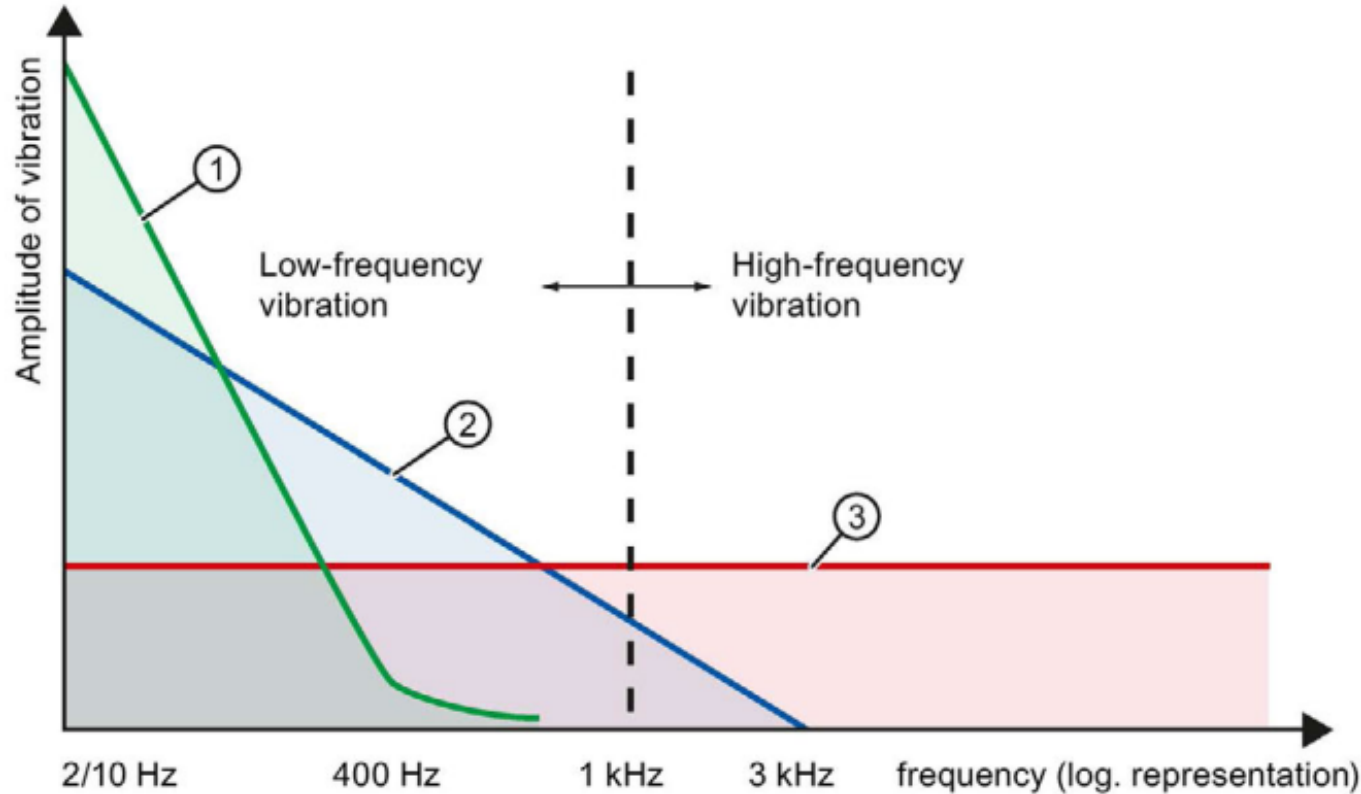
איך משתמשים באנליזת תדרים של רעידות?



יתרונות שימוש באנליזת תדרים של רעידות:

- לכל סוג של נזק מכני יש ספקטרום תדרים ייחודי משלו
- מבט אחד על ספקטרום התדרים מספיק כדי לקבוע את הגורם לנזק ברמת דיוק גבוהה
- חיפוש סיבת התקלה יורד למינימום
- האמפליטודה היא מדד למידת הנזק, המאפשרת להסיק מסקנות לגבי יתרת החיים. הניסיון של המפעיל ממלא כאן תפקיד מכריע.

יחס בין תדר לתזוזה, מהירות ותאוצה של הרעידות



vRMS – מהירות הרעידה. נמדדת ב-mm/s
aRMS – תאוצת הרעידה. נמדדת ב-mm/s²

Item	Vibration variable	Causes of vibration and measurement limits
①	Vibration displacement (μm)	Shaft vibration 1 Hz to 0.4 kHz
②	Vibration velocity (mm/s)	Enclosure vibration 2 Hz / 10 Hz to 1 kHz
③	Vibration acceleration (m/s^2)	Gearbox, structure-borne noise 2 Hz / 10 Hz to 20 kHz

יחס בין תדר לתזוזה, מהירות ותאוצה של הרעידות

Fault type	Vibration measurement in the time range (characteristic value procedure)	Frequency analysis spectrum		
		Vibration velocity	Vibration acceleration	Envelope curve
Unbalance	RMS	Single rotation frequency f_n	-	-
Misalignment, coupling defect	RMS	Single rotation frequency f_n Double rotation frequency f_n	-	-
Mounting defect	RMS	Single rotation frequency f_n Double rotation frequency f_n Triple rotation frequency f_n	-	-
Blade passing frequency	RMS	$f_{SP} \leq 1 \text{ kHz}$	$f_{SP} > 1 \text{ kHz}$	-
Meshing defect	-	$f_z \leq 1 \text{ kHz}$	$f_z > 1 \text{ kHz}$	-
Belt defect	RMS	$f_R \leq 1 \text{ kHz}$	$f_R > 1 \text{ kHz}$	-
Resonance	RMS	Resonance frequency = rotation frequency f_n	-	-
Bearing wear	DKW	-	$3 \text{ kHz} \leq f_{LE} \leq 10 \text{ kHz}$	
Bearing damage frequency	DKW	-	-	Geometry-dependent for: Outer ring, inner ring, cage and rolling element
Electrical stator faults	RMS	Double line frequency f_{line}	-	-
Electrical rotor faults	RMS	$f_{bar} \leq 1 \text{ kHz}$	$f_{bar} > 1 \text{ kHz}$	-
Rotor bar break	RMS	Double line frequency f_{line} Modulation with slip frequency f_{slip}	--	-

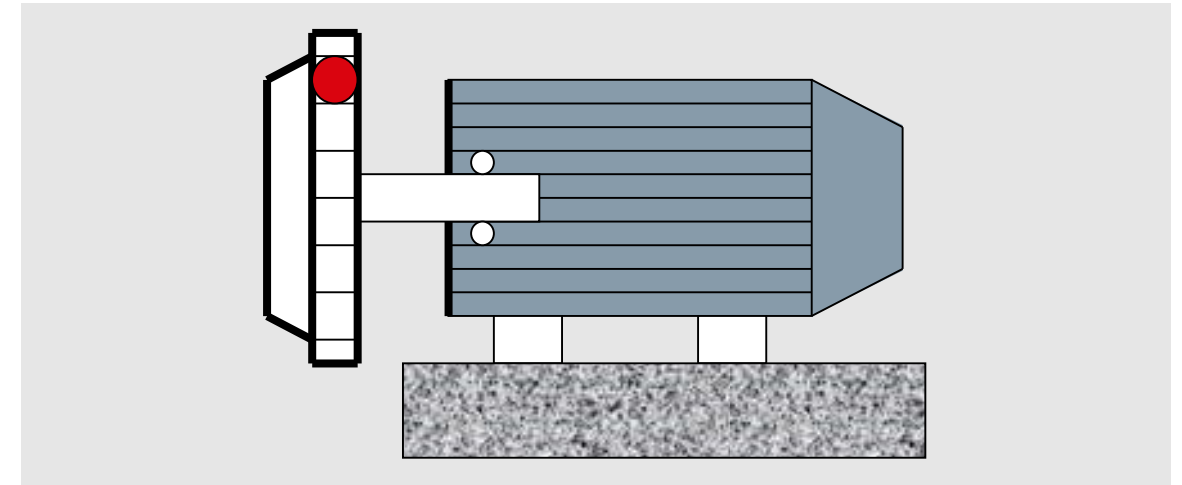
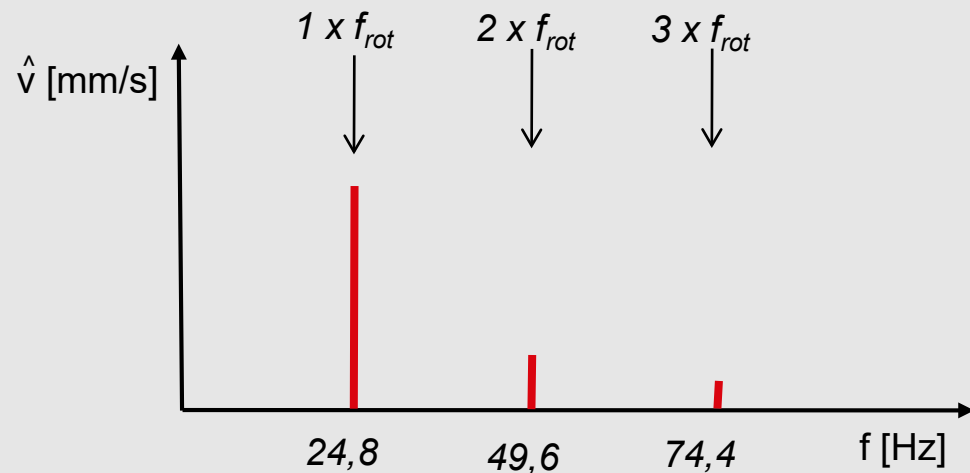
SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרום אופייני - חוסר איזון

SIEMENS
Ingenuity for life



Machine speed $n = 1488 \text{ min}^{-1}$
Number of pole pairs $p = 2$
Rotation frequency $f_{rot} = 24.8 \text{ Hz}$

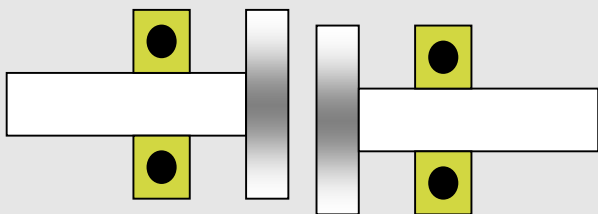


אמפליטודת תדירות הסיבוב ברורה במדידה אופקית ואנכית

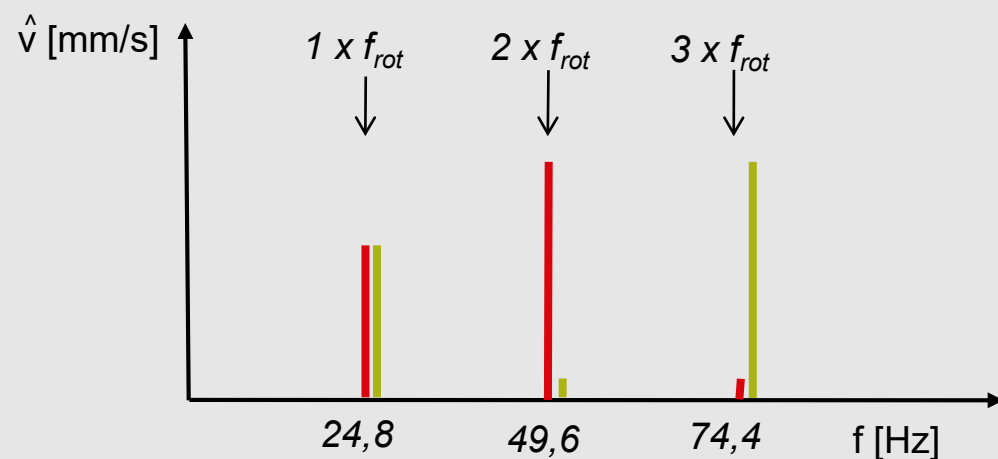
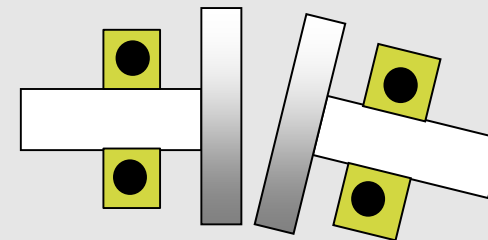
SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרום אופייני – שיבור לא תקין

SIEMENS
Ingenuity for life



Machine speed $n = 1488 \text{ min}^{-1}$
Rotation frequency $f_{rot} = 24.8 \text{ Hz}$



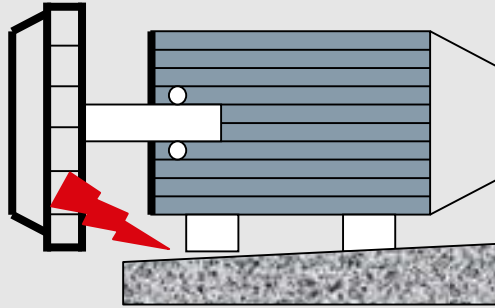
התדירות הראשונה והשנייה או ראשונה ושלישית של הסיבוב גבוהה במידה ניכרת משאר התדרים. העלייה תלויה בכיוון המדידה, בהתאם לכיוון של תקלת בשיבור.

עבור צימוד קשיח:
תדירות ראשון ושני של סיבוב גדל

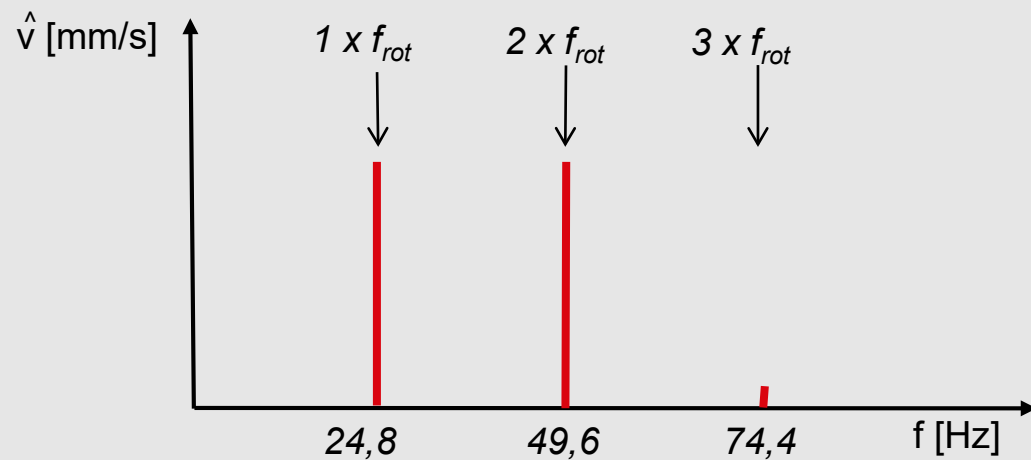
עבור צימוד אלסטי:
תדירות ראשון ושלישי של סיבוב גדל

SIPLUS CMS – סוגי ניתוח

דוגמאות לספקטרום אופייני – בסיס לא ישר



Machine speed $n = 1488 \text{ min}^{-1}$
Rotation frequency $f_{rot} = 24.8 \text{ Hz}$

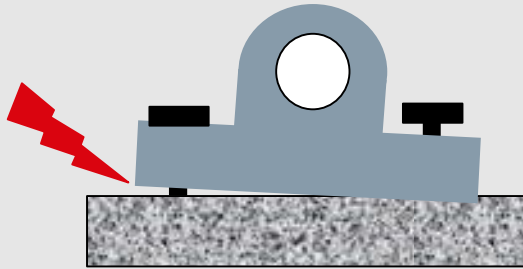


התדירות הראשונה והשנייה של הסיבוב גדלה במידה ניכרת,
בדרך כלל בכל כיוון של מדידה (אופקי, אנכי, צירית).

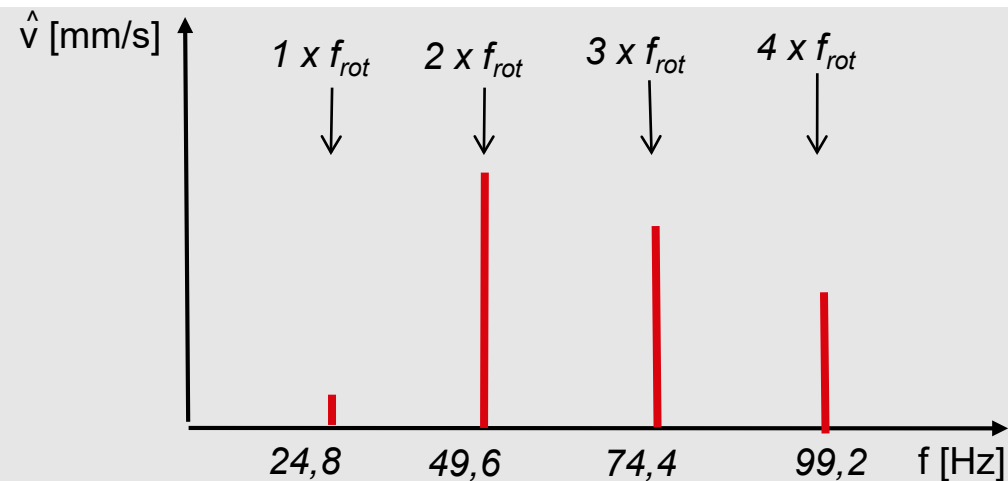
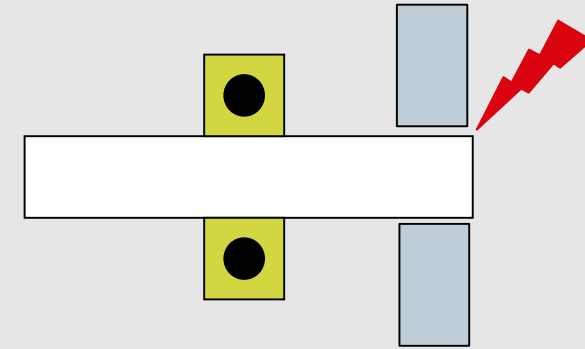
SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרום אופייני – חופש מכאני

SIEMENS
Ingenuity for life



Machine speed $n = 1488 \text{ min}^{-1}$
Rotation frequency $f_{rot} = 24.8 \text{ Hz}$

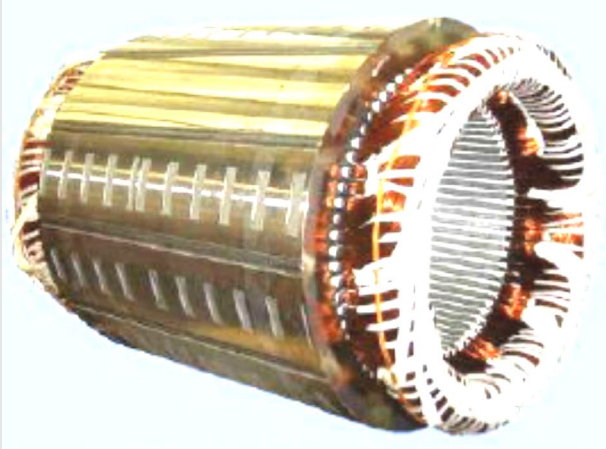


התדירות הראשונה של סיבוב כמעט ולא קיימת, מכפילים (במיוחד פעמיים את תדירות הסיבוב) נראים בבירור.

SIPLUS CMS – סוגי ניתוח

דוגמאות לספקטרום אופייני – אי סימטריה בשדה מגנטי

SIEMENS
Ingenuity for life

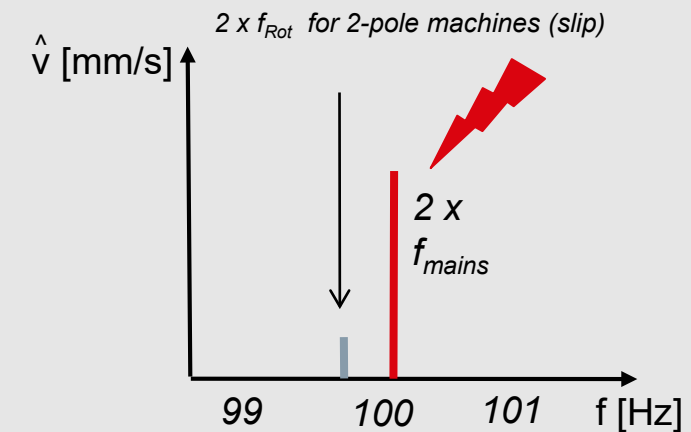
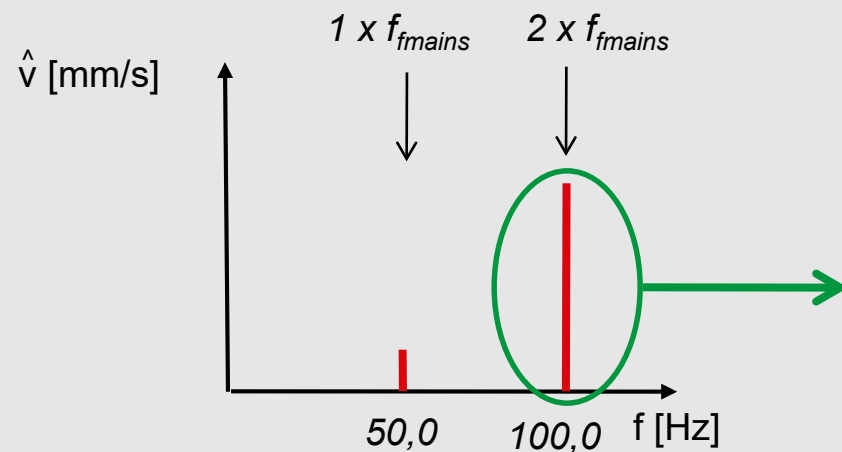


סיבות אפשריות:

1. התקנת הרוטור אקסצנטרית כלפי הסטטור
2. מתח אספקה אסימטרית

רמה מוגברת של מכפלת תדר החשמל. תדר החשמל הוא 50/60 הרץ בהתאם לרשת הזנה.

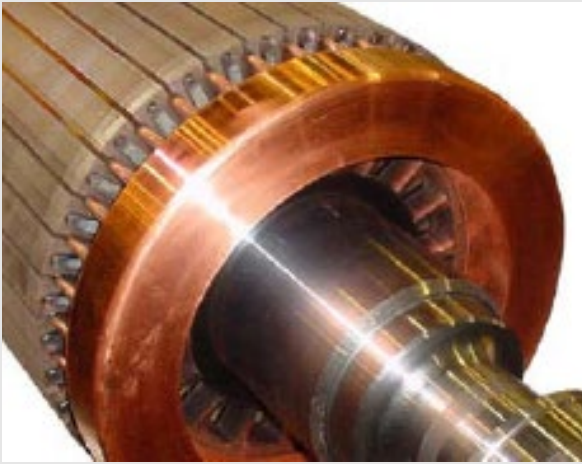
משתנה במקרה של פעולת עם ווסת מהירות.



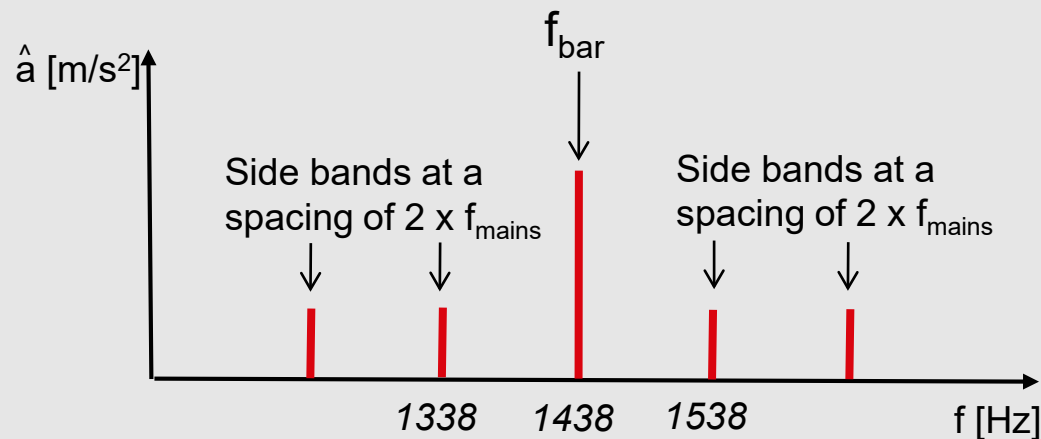
SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרום אופייני – תקלה במוטות רוטור

SIEMENS
Ingenuity for life



Number of bars	58
Machine speed	1488 min ⁻¹
Rotation frequency	$f_{rot} = 24,8 \text{ Hz}$
Bar frequency	$f_{bar} = 58 \times f_{Rot} = 1438 \text{ Hz}$

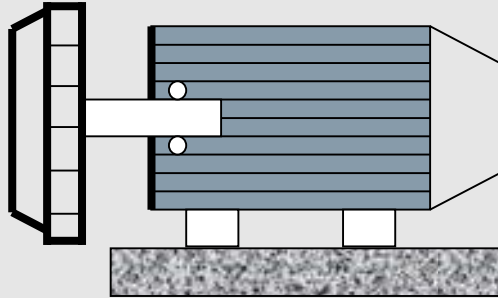


סיבות אפשריות:

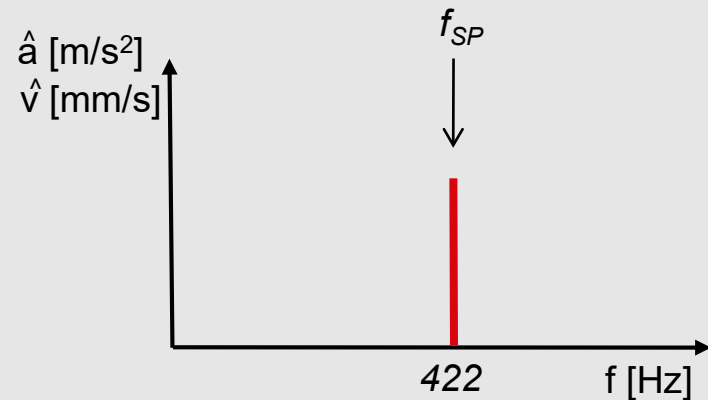
1. מוט שבור
2. מוט משוחרר
3. חיבור שבור בין מוט לבין טבעת קצר

את הפגמים האלה ניתן לזהות על ידי:
תדר המוט בולט במידה ניכרת עם תוספת של מכפלות מתח הזנה

דוגמאות לספקטרום אופייני – תדר מעבר הלהבים



Machine speed	$n = 1488 \text{ min}^{-1}$
Rotation frequency	$f_{rot} = 24.8 \text{ Hz}$
Number of blades	17
Blade passing frequency	$f_{SP} = 17 \times f_{rot} = 422 \text{ Hz}$



תדר מעבר הלהב הוא תוצר של מספר להבי האימפלר ותדר הסיבוב.

זהירות: לא לבלבל עם חוסר איזון!

חוסר איזון נגרם בדרך כלל על ידי חלק מאימפלר המסתובב שגורם לרעידה בתדירות סיבובית.

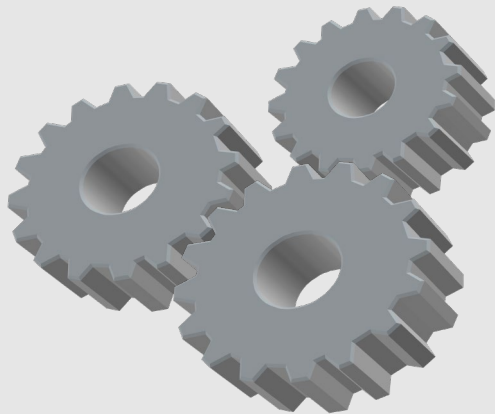
סיבות אפשריות:

1. מערבולת
 2. לחץ יניקה גדול ממתוכנן
 3. להבים מתכווננים לא הוגדרו במדויק
- אמפליטודה גדולה של תדר מעבר הלהבים

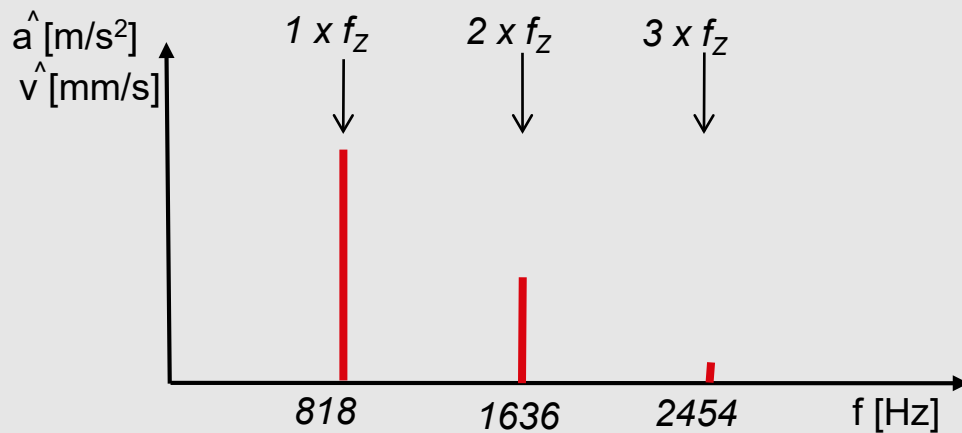
SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרום אופייני – תדר גלגלי שיניים

SIEMENS
Ingenuity for life

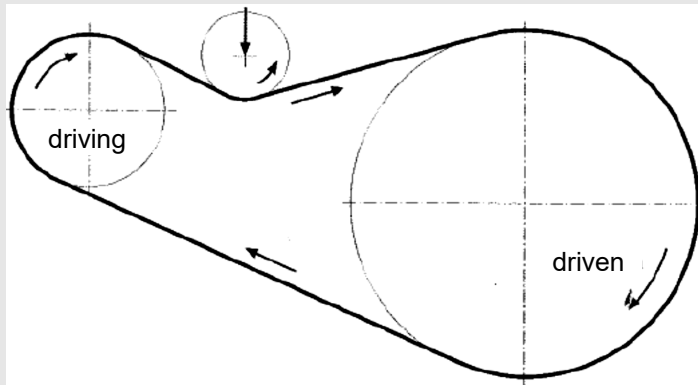


Machine speed $n = 1488 \text{ min}^{-1}$
Rotation frequency $f_{\text{rot}} = 24.8 \text{ Hz}$
Number of teeth 33
Meshing frequency $f_z = f_{\text{Rot}} \times \text{number of teeth} = 818 \text{ Hz}$



ספקטרום רעידות של ממסרות כוללות תדרי רעידות של גלגלי שיניים ומכפלות שלהם. תדר הרעידה תלוי בסוג וגאומטריה של גלגל שיניים.

דוגמאות לספקטרום אופייני – תדר תקלת הרצועה



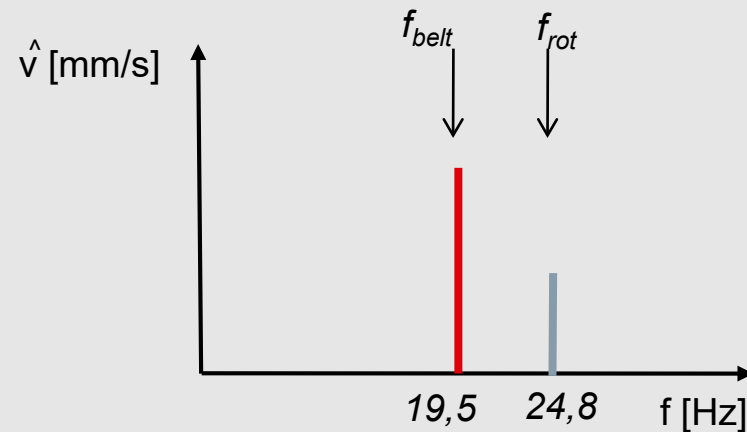
Machine speed $n = 1488 \text{ min}^{-1}$

Rotation frequency $f_{rot} = 24.8 \text{ Hz}$

Diameter of the driving disc = 200 mm

Belt length = 800 mm

$$f_{belt} = \frac{f_{Rot} \cdot \text{disc diameter} \cdot \pi}{\text{belt length}} = 19,5 \text{ Hz}$$

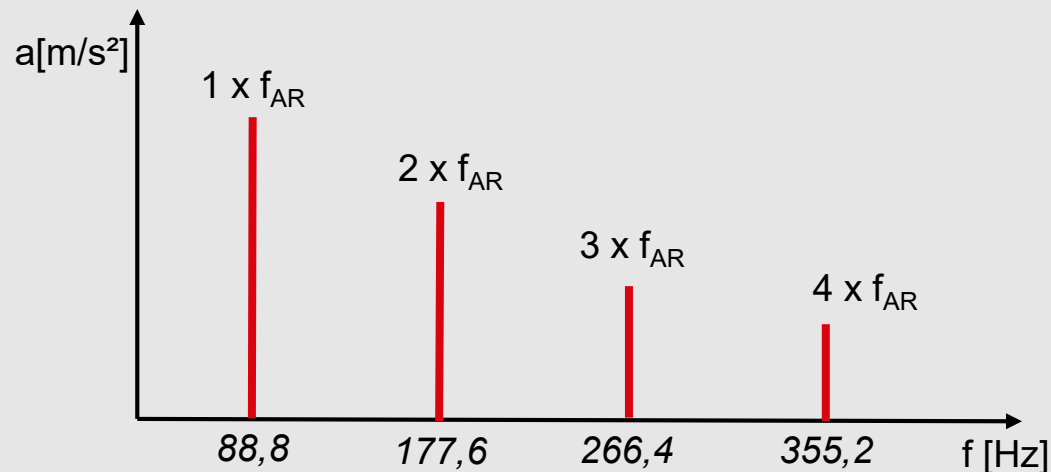


רצועה בלוייה או פגומה גורמת לעליית האמפליטודה של תדר הרצועה.

דוגמאות לספקטרום אופייני – תקלה בטבעת חיצונית של המסב



Envelope curve spectrum of vibration acceleration, damage frequency of the outer ring 88,8Hz at a motor speed of 1488 min⁻¹ = 24,8 Hz



נזקי טבעת חיצונית

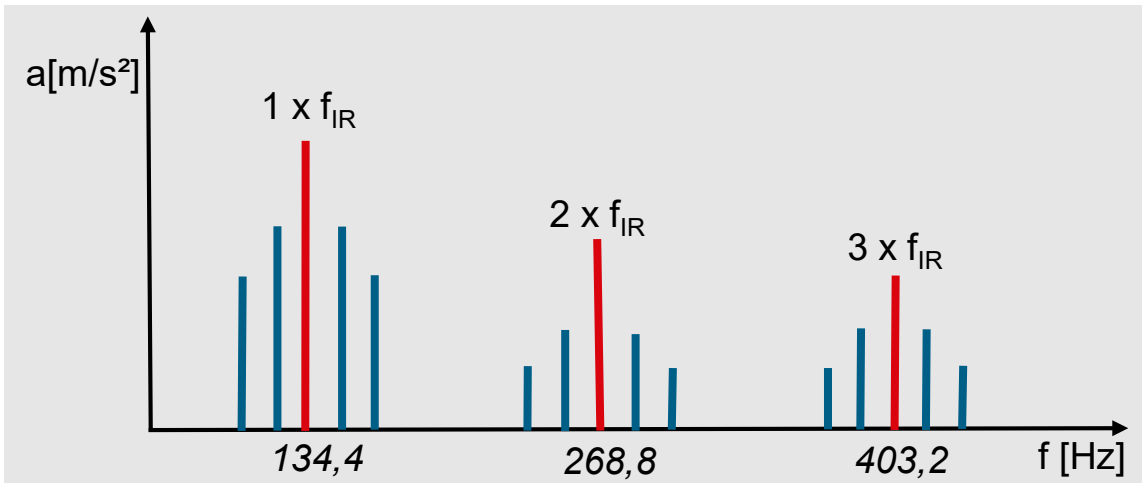
הנזק מתפתח לעיתים קרובות במסילה של הטבעת החיצונית. בפגמים אלו ניתן להבחין כמה חודשים לפני הגעה למצב קריטי באמצעות ניתוח המעטפה.

תדירות הנזק מוצגת בספקטרום של המעטפה.

דוגמאות לספקטרום אופייני – תקלה בטבעת פנימית של המיסב



Envelope curve spectrum vibration acceleration, inner ring damage frequency 134,4Hz
At a motor speed of 1488 min⁻¹ = 24,8 Hz
Sidebands with distance of the mechanic rotation frequency (24,8Hz)



נזקי טבעת פנימית

תקלות אלה בדרך כלל ניתן לזהות כמה שבועות לפני מצב קריטי באמצעות ניתוח המעטפת. נזק בטבעת פנימית עובר דרך אזור העומס מעת לעת. בספקטרום המעטפה, תדר הנזק מוצג עם תדרים נוספים במרחק שווה לתדר סיבוב של טבעת הפנימית

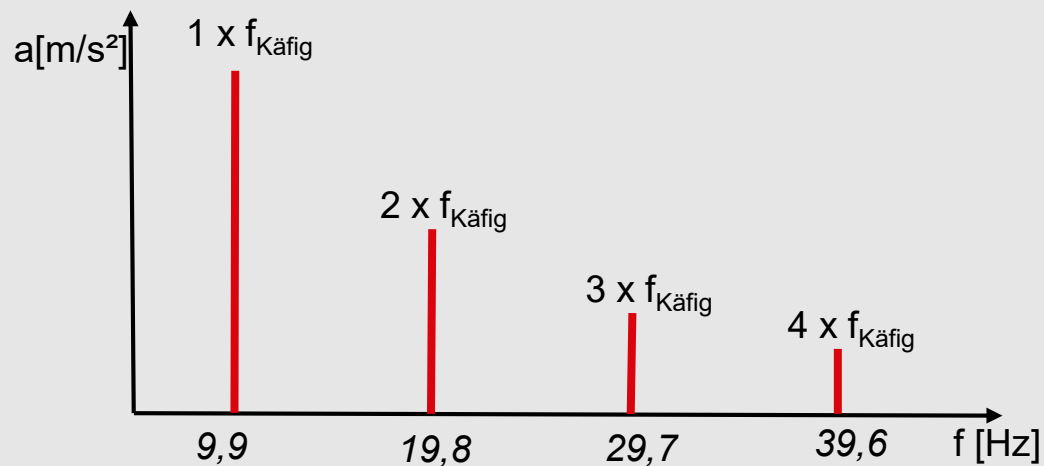
SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרום אופייני – תקלה כלוב של המיסב

SIEMENS
Ingenuity for life



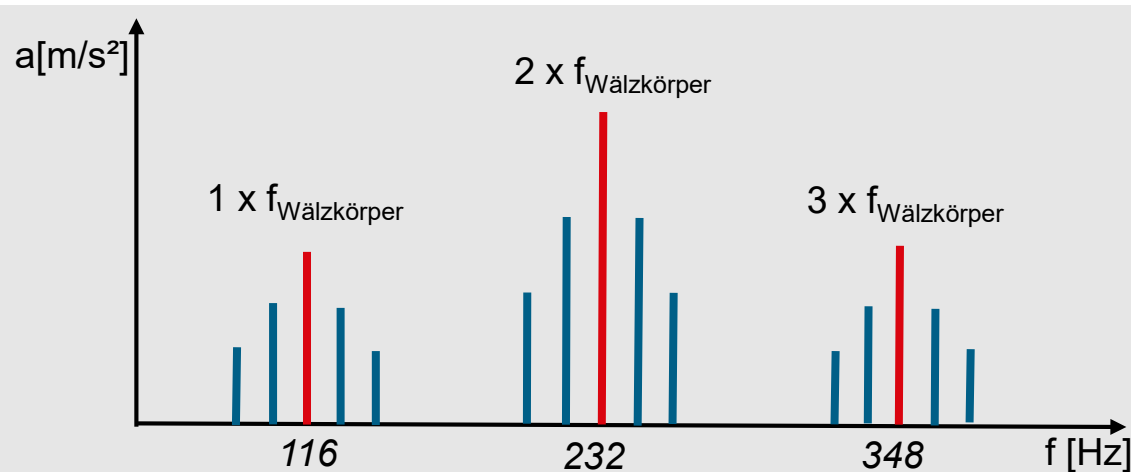
*Envelope curve spectrum of vibration acceleration,
damage frequency of the cage 9.9 Hz
At a motor speed of 1488 min⁻¹ = 24,8Hz*



נזק לכלוב
נזק לכלוב גורם לכישלון המיסב בתוך פרק זמן קצר מאוד.
תדירות הנזק מוצגת בספקטרום עקומת המעטפת.



Envelope curve spectrum vibration acceleration, damage frequency of rolling element 116 Hz at a motor speed of $1488 \text{ min}^{-1} = 24,8 \text{ Hz}$, Siede bands with the distance of cage frequency 9.9 Hz



נזק אלמנט המתגלגל

נזק באלמנט המתגלגל גורם לכשל של המסב בתוך זמן קצר מאוד.

בספקטרום המעטפת, תדירות הנזק מוצגת עם תדרי צד במרחק שווה לתדר סיבוב הכלוב. פסגות במכפלות של 2, 4, 6 מתדר האלמנט המתגלגל הם בולטות יותר בספקטרום המעטפת.

SIPLUS CMS

דוגמאות של נתוני מסב כדורי 6320 מאתר SKF

1.1 Bearing frequencies

Input Parameters

n_i Rotational speed of the inner ring	1490 r/min
n_e Rotational speed of the outer ring (only used to calculate the bearing frequencies)	0 r/min

Result

f_i Rotational frequency of the inner ring	24.8 Hz
f_e Rotational frequency of the outer ring	0 Hz
f_c Rotational frequency of the rolling element and cage assembly	9.54 Hz
f_r Rotational frequency of a rolling element about its own axis	50.7 Hz
f_{ip} Over-rolling frequency of one point on the inner ring	122.4 Hz
f_{ep} Over-rolling frequency of one point on the outer ring	76.3 Hz
f_{rp} Over-rolling frequency of one point on a rolling element	101.4 Hz

SIPLUS CMS

דוגמאות לספקטרוםתדרים אופייניים עבור מסב לחץ 29330E מאתר SKF

1.1 Bearing frequencies

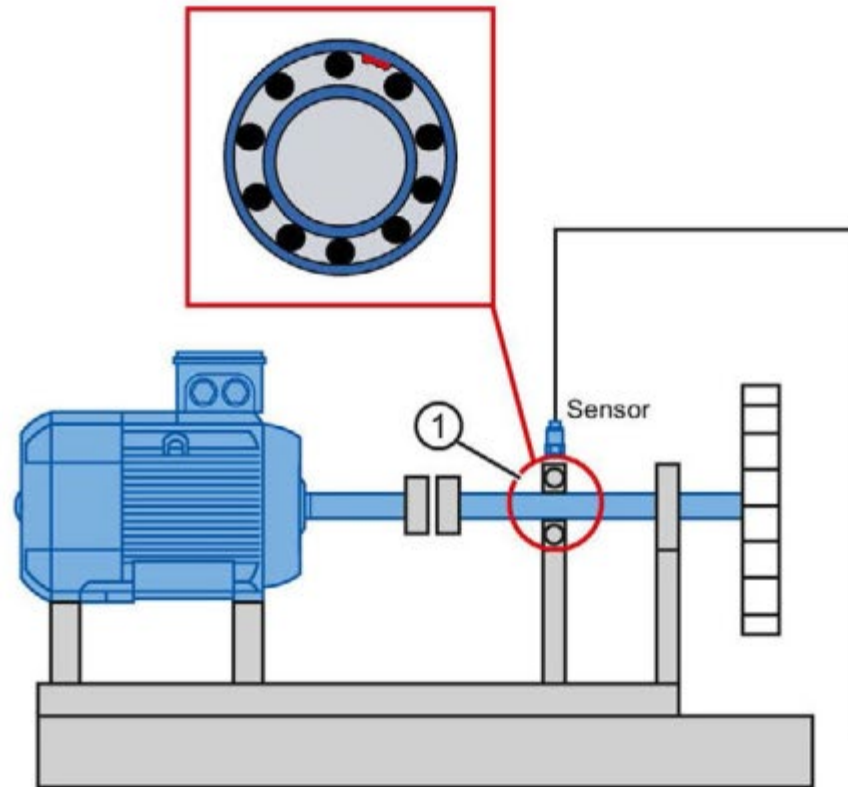
Input Parameters

n_i Rotational speed of the shaft washer	1490 r/min
n_e Rotational speed of the housing washer (only used to calculate the bearing frequencies)	0 r/min

Result

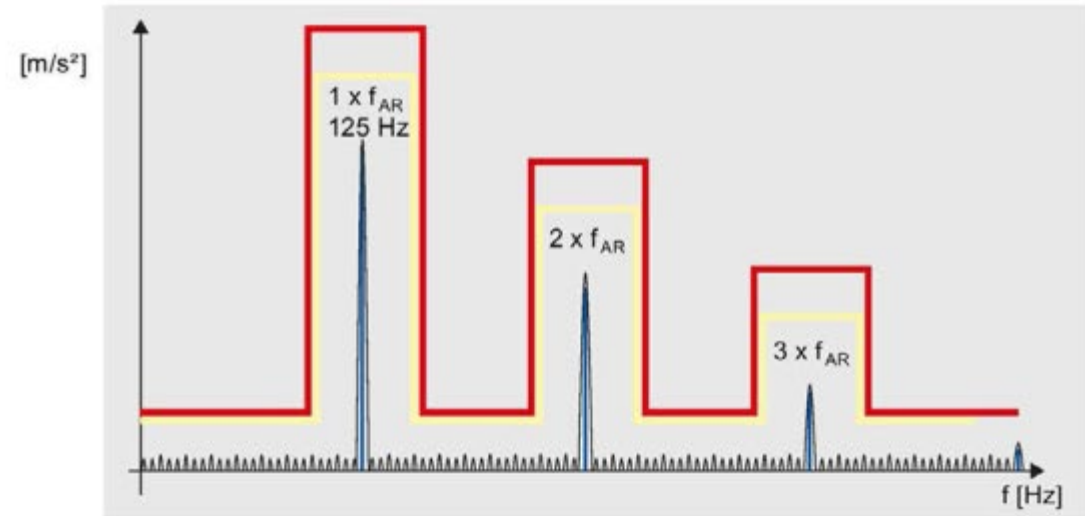
f_i Rotational frequency of the shaft washer	24.8 Hz
f_e Rotational frequency of the housing washer	0 Hz
f_c Rotational frequency of the rolling element and cage assembly	11.3 Hz
f_r Rotational frequency of a rolling element about its own axis	84.1 Hz
f_{ip} Over-rolling frequency of one point on the shaft washer	284.9 Hz
f_{ep} Over-rolling frequency of one point on the housing washer	236.6 Hz
f_{rp} Over-rolling frequency of one point on a rolling element	168.3 Hz

ניתוח תדרי תקלה במעטפת המיסב

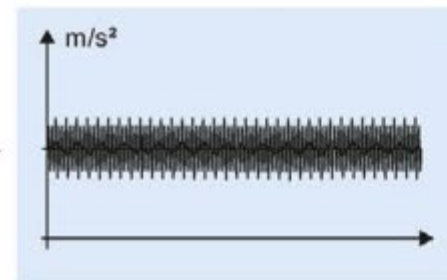


① Bearing damage
(Outer race defect)

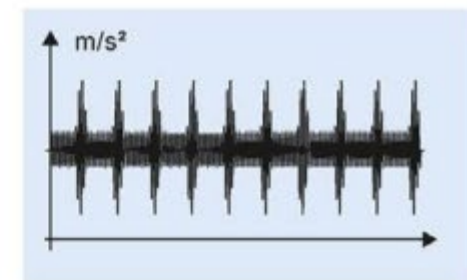
Envelope curve spectrum



Raw data from sensor



Roller bearing without
damage



Individual advanced outer
race defect



SIPLUS CMS

סוגי ניתוח בניטור רעידות

SIEMENS
Ingenuity for life

חשיבות הניתוח



ניתוח המבוסס על פרמטרים

- האם מתפתח נזק?
- היסטוריה ומגמה של ערכים אופייניים



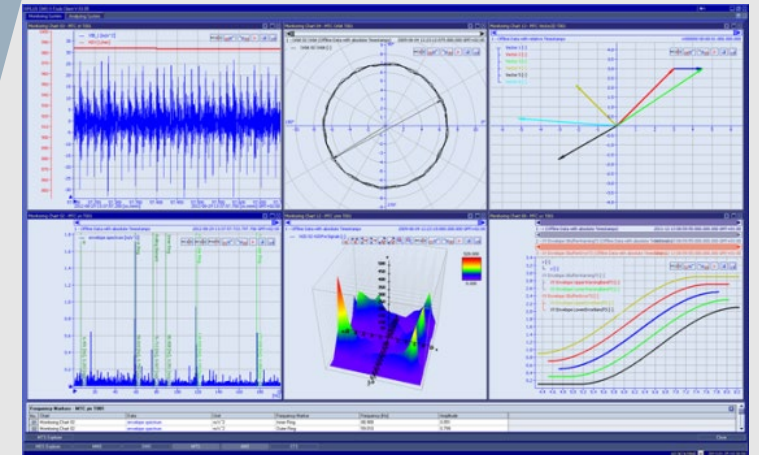
ניתוח תדרים

- איזה נזק נגרם?
- לכל סוג נזק יש את ספקטרום התדרים שלו



ניתוח ע"י המומחים

- ניתוח הניתן להגדרה חופשית עם תוכנת אבחון CMS X-tools, מסלול, היסטוגרמה, וקטור / דיאגרמת מפל



SIPLUS CMS1200: Condition Monitoring with SIMATIC S7-1200 SM1281 - Overview

SM 1281 Condition Monitoring Model

Features

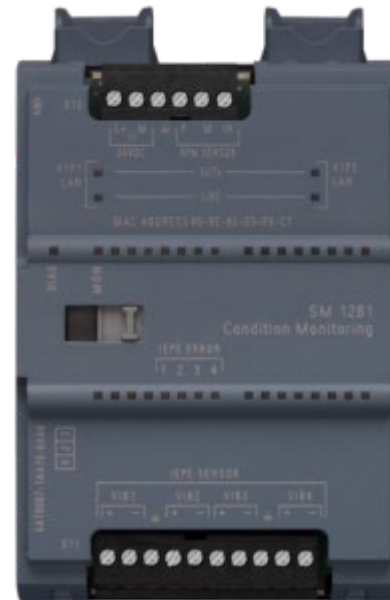
- Characteristic value diagnostics
- Frequency-selective diagnostics
- Expert analysis on- or offline
- SIMATIC S7-1200 and web-based

Connections

- Up to 4 vibration sensors
- 1 speed input
- Ethernet
- Power supply 24VDC (supply to sensors)

Expansion option

Up to 7 modules can be connected; depending on the S7-1200 CPU used



BERO

Speed measurement



IEPE-Sensors

Vibration measurement

Operating principle

- Calculations are performed continuously
- The 4 IEPE channels and the speed sensor are read in and processed simultaneously

Diagnosis

- Characteristic values via SIMATIC S7-1200 and TIA Portal
- Frequency selective via integrated Web Server

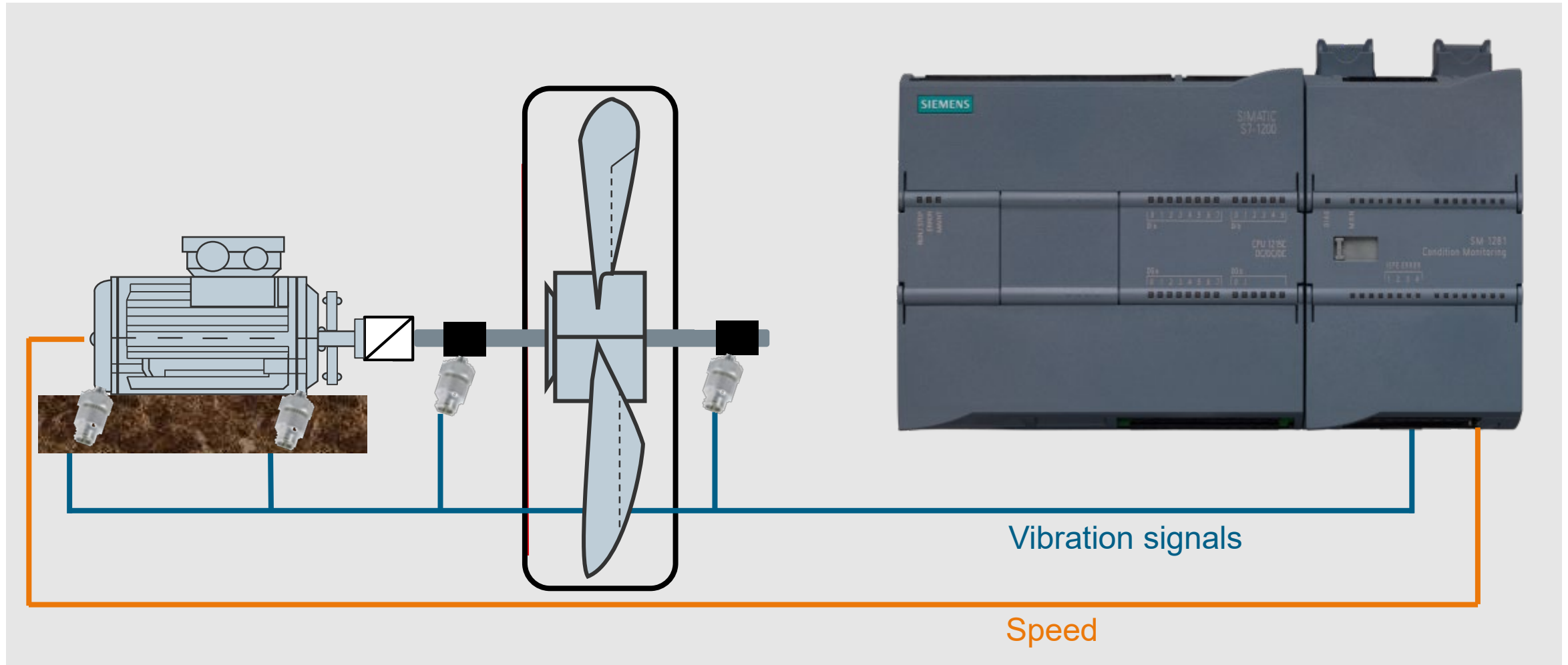
Advantages and Customer benefits

No additional software for diagnosis and visualizing needed

Practical example: Fan Monitoring System with SM1281

Recommendation for a maximum configuration

SIEMENS
Ingenuity for life



Condition Monitoring

Early detection of mechanical damage



SIPLUS CMS

Part of digitalization



- Record and analyze mechanical variables
- Connection to cloud solution
- Decision-making aids for service

Higher productivity



- Higher productivity: continuous condition monitoring
- Predictable maintenance and repair
- Easy diagnosis



Cost reduction



- Longer lifecycle time
- Effective spare parts maintenance
- Investment protection
- Easier error research

System benefits



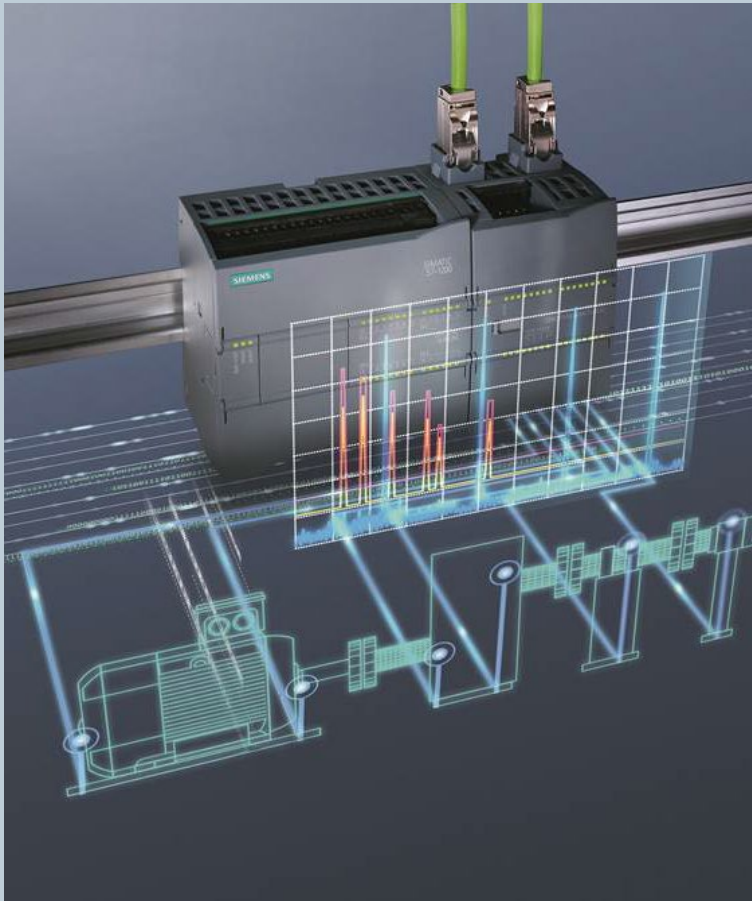
- Simple system configuration
- Open standards
- Easy expandability

SIPLUS CMS1200

Integrated and flexibly expandable



With SIMATIC the mechanics under control



Feature / Function

- SIMATIC S7-1200 based condition monitoring via TIA Portal from V13 SP1: SM 1281
- Continuous condition monitoring of motors, generators, pumps, fans, via up to 28 IEPE vibration sensors per S7-1200
- Analysis algorithms in SM 1281 condition monitoring module
- Visualization via web browser

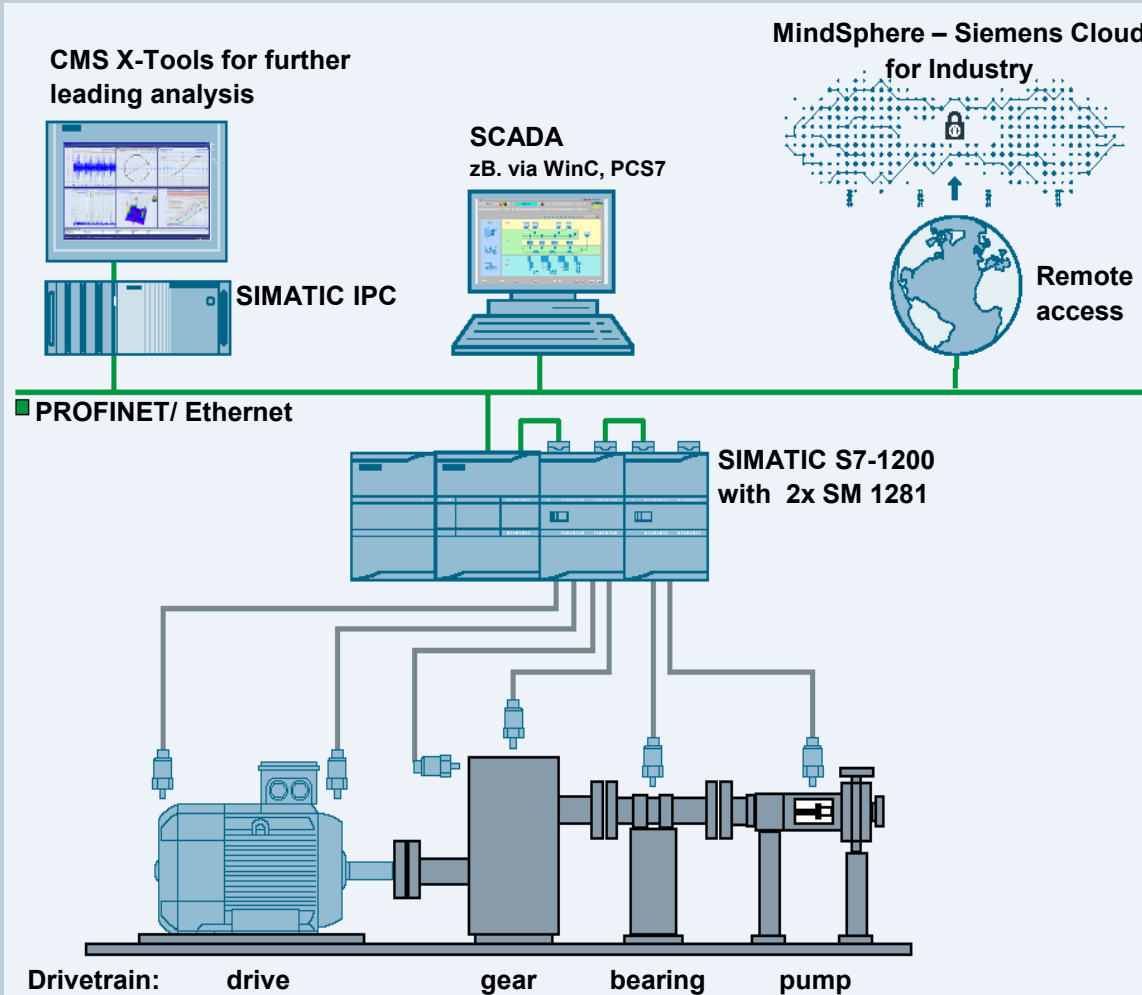
Online data streaming of vibration data to the CMS X-Tools analysis software

Benefits

- Easy integration of condition monitoring of mechanical components in SIMATIC S7-1200
- Early detection of mechanical damage
- Scheduled maintenance instead of spontaneous repair
- No additional software required for diagnostics and visualization
- Analyses down to the smallest detail
 - tooth wear in a gear unit
 - variable-speed drives

SIPLUS CMS1200 – integrated and flexibly expandable

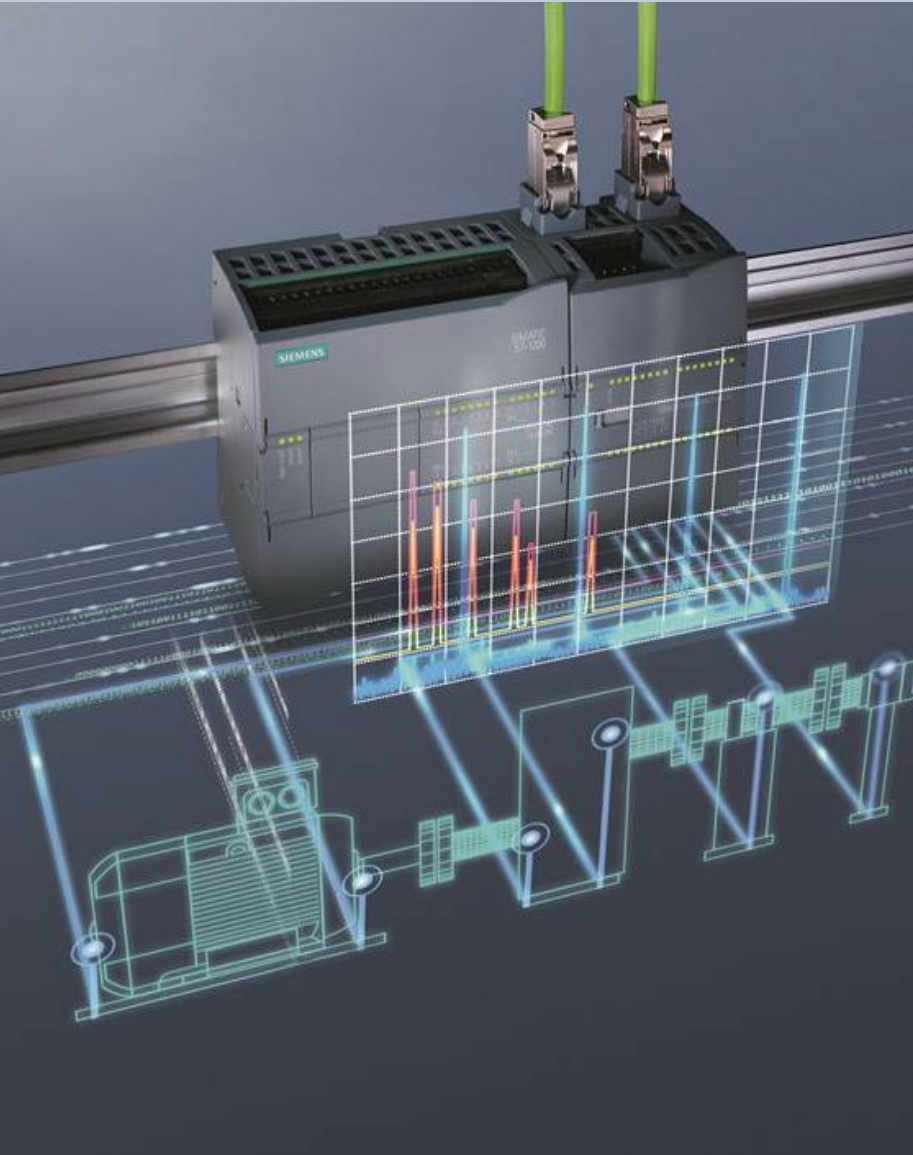
Sample system setup



Monitoring mechanical components with SIMATIC S7-1200

- Condition Monitoring with TIA Portal
- Up to 28 IEPE-vibration-sensors modular attachable via max. 7 SM 1281
- Support by cloud based solution
- Optional:
Expert analysis
e. g. via CMS X-Tools

SIPLUS CMS1200 – Costs €



- CMS1200 SM1281 Condition monitoring for SIMATIC S7-1200 "4 IEPE vibration channels;" 1 digital input for rotational speed acquisition
- SIPLUS CMS2000 VIB-Sensor S01 "Vibration sensor;" Frequency range 0.5 Hz to "15 kHz; measuring range 50G;" sensitivity 100 mV/G "(+/-10%); MIL connector top
- SIPLUS CMS2000 cable MIL-300;" Connecting cable for connection of VIB sensors with "MIL connectors; Length=3.00 m"
- SIPLUS CMS1200 SM1281 "Shield bracket set;" for the EMC-compliant connection of cables to the SM1281 Packing unit with 2

• 1000€



• 290€



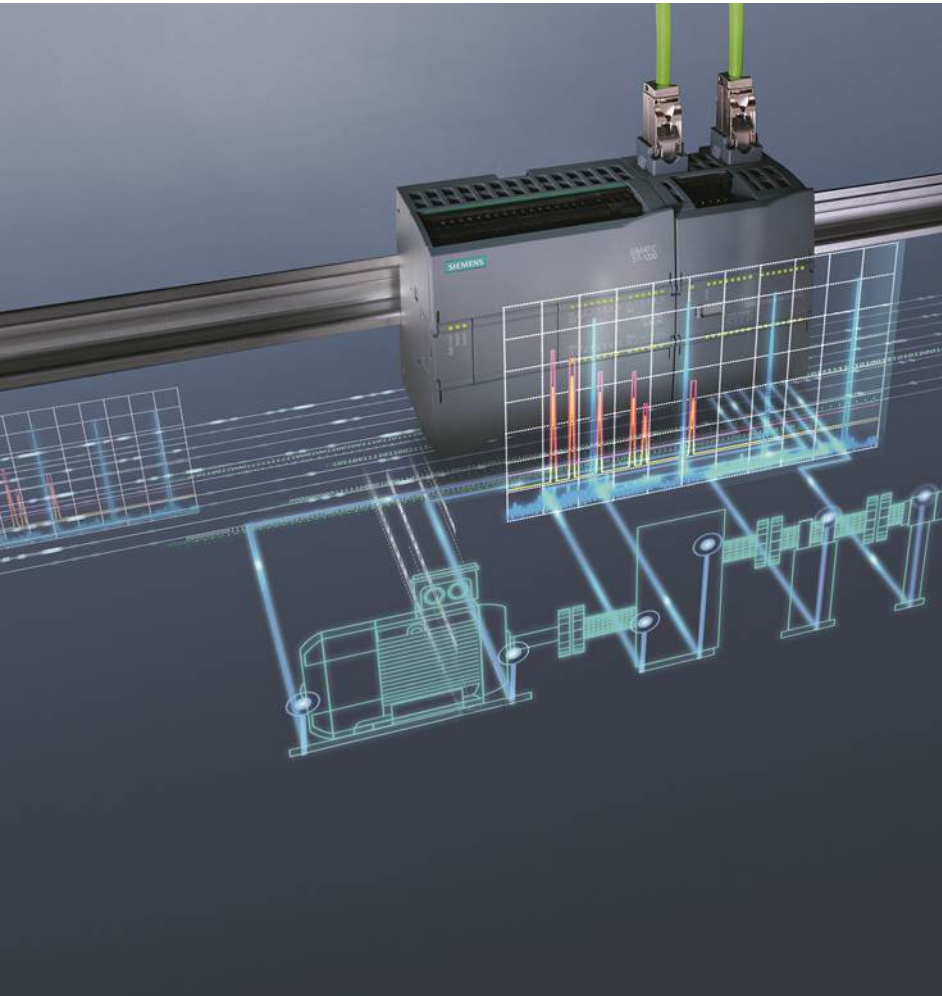
• 115€



• 50€



Thank you for your attention!



Alex Levanov , Teddy Nikolayevsky

Subject to changes and errors. The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

All product designations, product names, etc. may contain trademarks or other rights of Siemens AG, its affiliated companies or third parties. Their unauthorized use may infringe the rights of the respective owner.

[siemens.com/siplus-cms](https://www.siemens.com/siplus-cms)