

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

# Monitorování stavu s inteligentními měniči

[drives.danfoss.com](https://drives.danfoss.com)

VLT | VACON®

## Vývoj **systemů průmyslové automatizace**

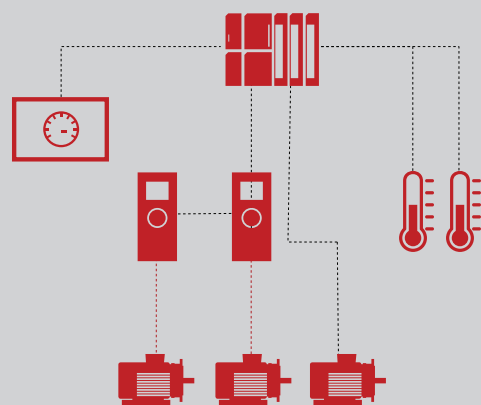
Při přechodu do současného tisíciletí jsme svědky výrazné změny v technologii, která vede ke zcela novému způsobu práce v digitálním světě. Toto je čtvrtá průmyslová revoluce. První průmyslová revoluce, ke které došlo v 18. a 19. století, byla mechanická revoluce vyvolaná vynálezem parního stroje. Na konci 19. a začátku 20. století se ve druhé průmyslové revoluci rozvinula hromadná výroba, elektrifikace a změny v komunikaci. Toto období se také označuje jako elektrická revoluce. Později ve 20. století přinesla třetí průmyslová revoluce pokroky v polovodičích, výpočetních systémech, automatizaci a internetu. Tato fáze se také označuje jako digitální revoluce.

Čtvrtá průmyslová revoluce vznikla v důsledku síťových počítačů, pracovní síly a zařízení poháněných daty a strojovým učením. Ačkoli pojem „Průmysl 4.0“ je poměrně neurčitý, jeho možnou definicí je inteligentní propojení lidí, zařízení a systémů na základě využití všech možností digitalizace v celém hodnotovém řetězci.

## Trendy v oblasti **systemů automatizace Průmyslu 4.0**

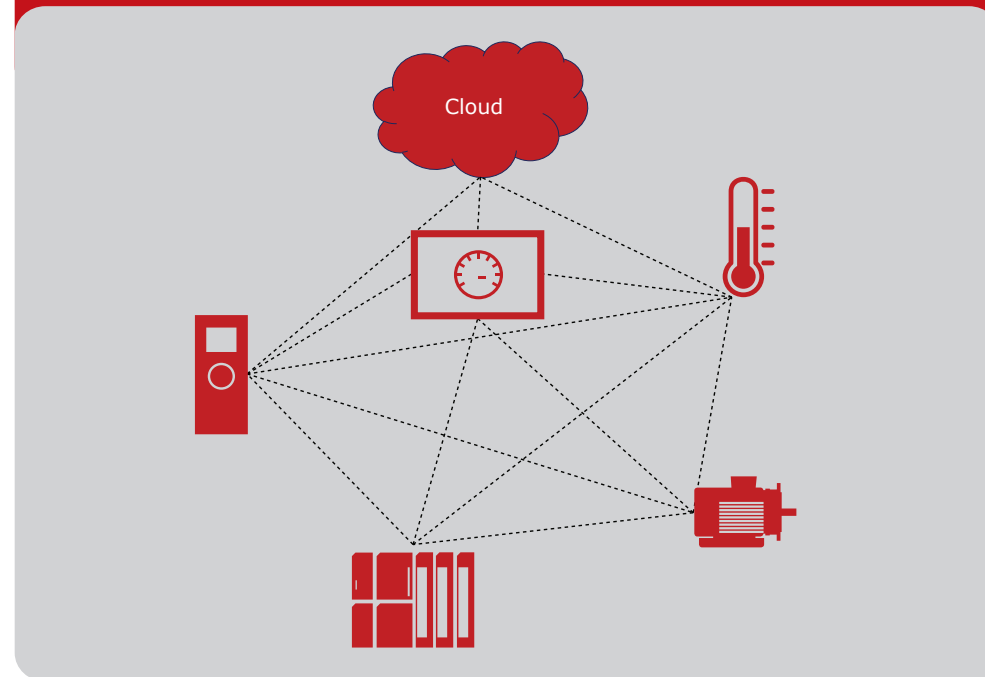
Dopad Průmyslu 4.0 na motorové systémy je migrace z „automatizační pyramidy“ na „síťové systémy“. To znamená, že různé prvky systému, jako jsou motory, měniče, snímače a ovládací prvky jsou propojeny a připojeny k cloudu – datovému centru, kde jsou data ukládána, zpracovávána, analyzována a kde probíhají rozhodnutí.

Obrázek: Pyramida automatizace





Obrázek: Síť automatizace



V automatizační síti je ohromné množství dat. Protože data jsou generována převážně snímači, počet snímačů v moderních automatizačních systémech se zvyšuje. Motory a poháněné stroje, jako jsou ventilátory, čerpadla a dopravníky, nejsou obvyklými účastníky datové sítě. Proto jsou pro sběr dat z těchto strojů vyžadovány snímače. Snímače jsou připojeny k datové síti pomocí různých prostředků pro využití dat. Během zavádění pokročilého systému monitorování stavu se často považují za bariéru dodatečné náklady na snímače a jejich připojení.

Moderní měniče s proměnnými otáčkami otvírají nové příležitosti v automatizační síti Průmyslu 4.0. Frekvenční měniče byly tradičně považovány za výkonové komponenty pro řízení otáček motoru. V současnosti jsou měniče také součástí informačního řetězce a využívají výhody integrovaného výkonu, kapacity ukládání dat a komunikačního rozhraní měniče.

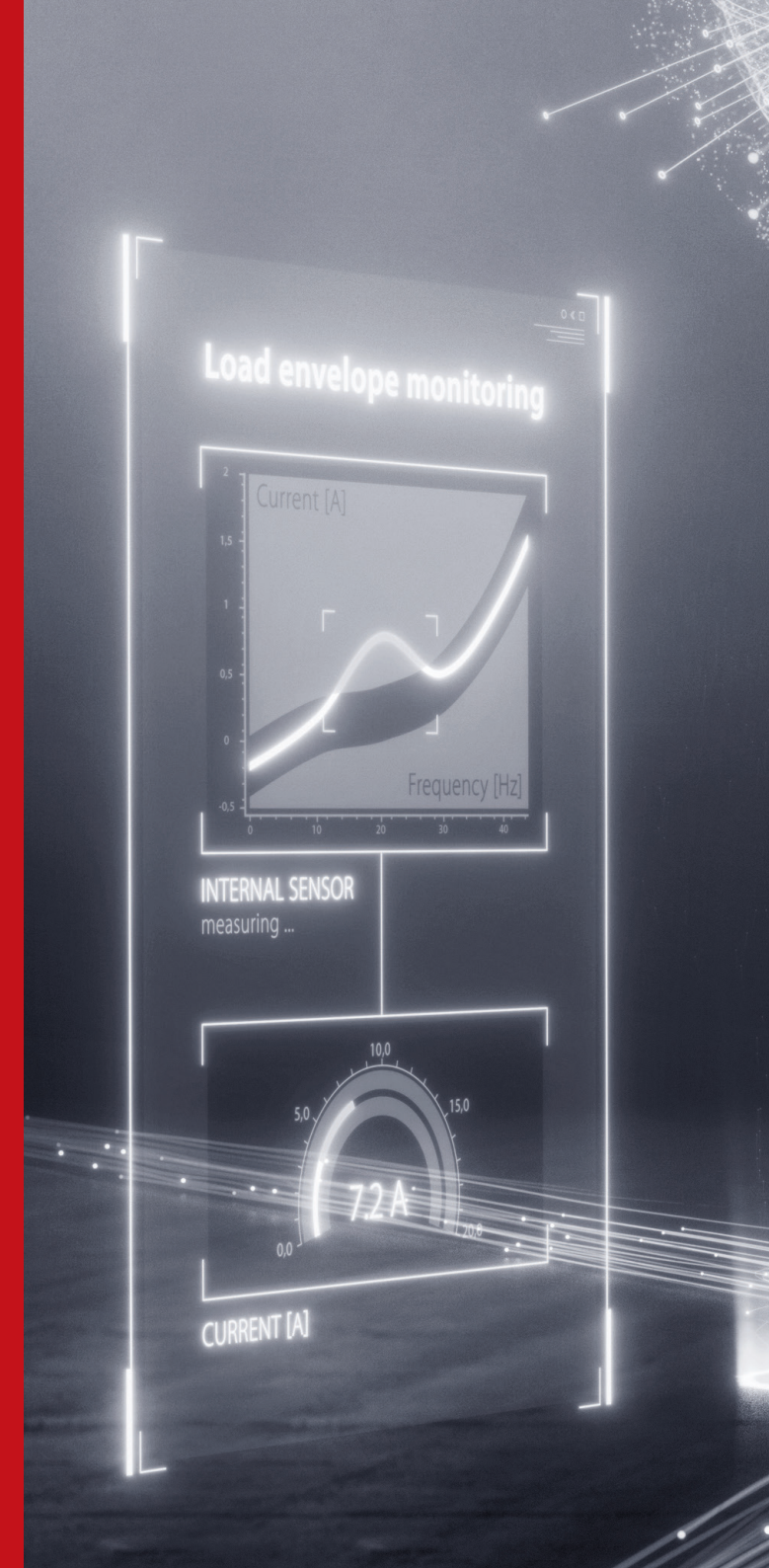
## Co je **inteligentní měnič**?

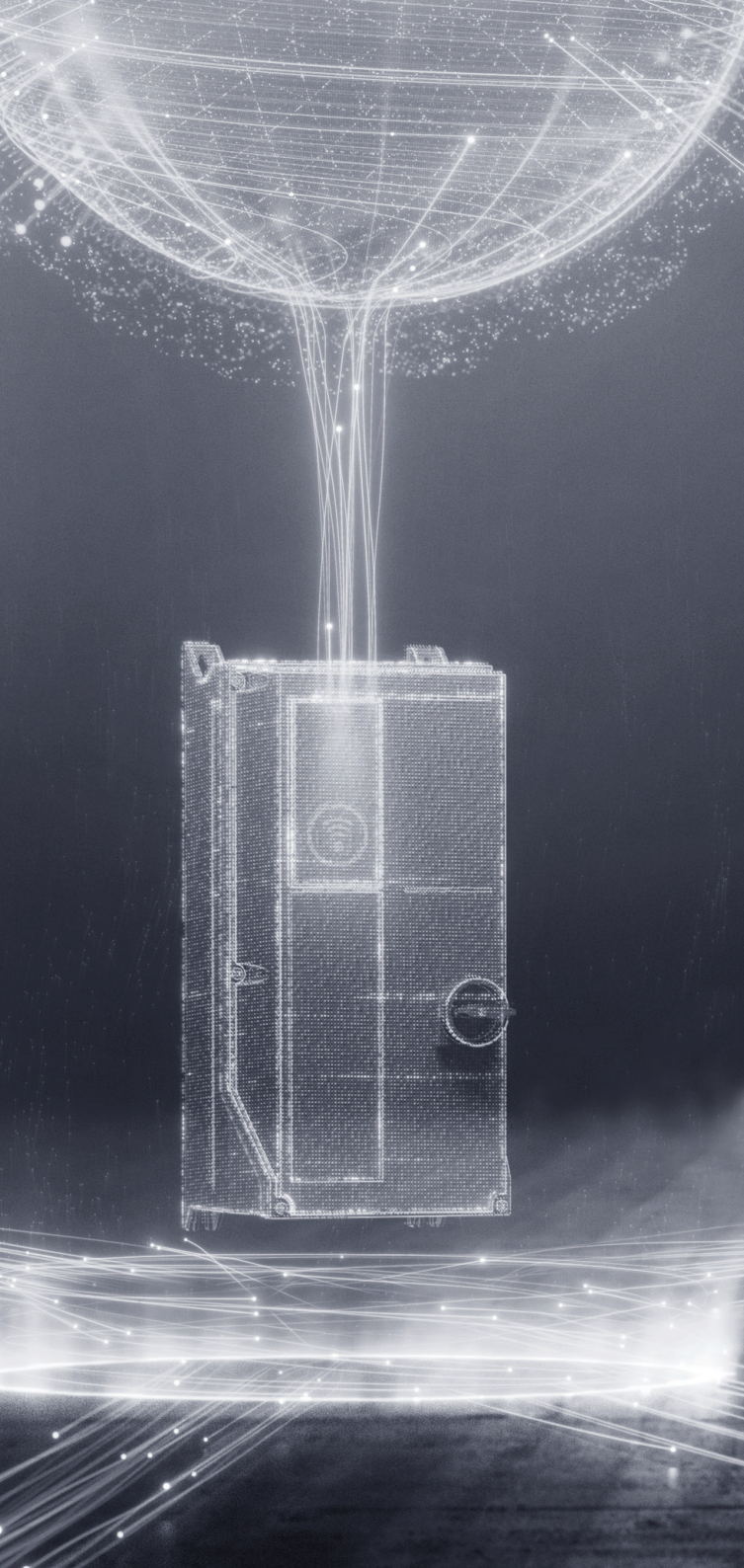
V síti Průmyslu 4.0 hraje měnič důležitou roli a je charakterizován některými funkcemi, které umožňují:

- **Bezpečné připojení:** Frekvenční měnič se může bezpečně připojit k jiným prvkům. Další prvky v síti mohou zahrnovat pohony, PLC, snímače a cloud.
- **Měnič funguje jako snímač:** Frekvenční měnič využívá analýzu proudu a napětí motoru pro zjištění výkonu motoru a aplikace.
- **Měnič funguje jako rozbočovač snímačů:** Frekvenční měnič získává data z externích snímačů souvisejících s procesem, který je řízen měničem.
- **Měnič funguje jako regulátor:** Frekvenční měnič může nahradit PLC, kdekoli to aplikace nebo zařízení dovolí.
- **Využití vlastních zařízení:** Bezdrátové připojení k chytrým zařízením (chytrý telefon, tablet).

Informace z měniče lze identifikovat následujícím způsobem:

- **Okamžité signály:** Signály, které jsou přímo měřeny měničem pomocí vestavěných snímačů. Údaje jako proud motoru, napětí, teplota měniče a jejich odvozenina, což je výkon jako násobek proudu a napětí, respektive moment motoru. Kromě toho lze frekvenční měnič použít jako rozbočovač pro připojení externích snímačů, které poskytují okamžité signály.
- **Zpracovávané signály:** Signály, které jsou odvozeny od okamžitých signálů. Například statistické rozdělení (maximální hodnota, minimální hodnota, střední hodnota a standardní odchylka), analýza frekvenční domény nebo ukazatele profilu mise.
- **Analytické signály:** Signály, které poskytují indikaci stavu měniče, motoru a aplikace. Signály slouží ke spuštění údržby nebo k vylepšení návrhu systému.





Techniky analýzy proudu motoru umožňují měniči sledovat stav motoru a aplikace. Tato technika umožňuje potenciálně eliminovat fyzické snímače nebo včas zjistit příznaky poruchy, které by pravděpodobně nebylo možné detekovat. Pomocí této techniky je například možné předem odhalit poruchy vinutí nebo zvláštnosti mechanického zatížení.

Koncepce měniče jako rozbočovače snímačů zahrnuje připojení externích snímačů k měniči, čímž se ušetří potřeba brány pro připojení fyzického snímače k datové síti. Snímače vibrací, snímače tlaku a snímače teploty jsou příklady snímačů, které lze připojit k měniči. Výhoda koncepce nesouvisí jen s náklady, ale také umožňuje korelaci dat snímačů s různými typy dat přítomných v měniči. Zřejmým příkladem je korelace úrovně vibrací z externího snímače s otáčkami motoru, protože vibrace závisí na rychlosti.

## Údržba na základě stavu

Níže jsou uvedeny různé druhy strategií údržby:

- **Nápravná údržba:** Výrobek je po poruše vyměněn.
- **Preventivní údržba:** Výrobek je vyměněn před poruchou, i když z výrobku nejsou obdržena žádná oznámení.
- **Údržba na základě stavu:** Produkt poskytne varování, pokud se skutečná životnost produktu liší od očekávané životnosti a jsou uvedeny možné základní příčiny.
- **Prediktivní údržba:** Produkt poskytne varování dříve, než dosáhne stanoveného počtu hodin provozu, aby mohl být zahájen servisní zásah.

## Proč je **zapotřebí údržba na základě stavu?**

Nápravná a preventivní údržba jsou založeny na poruše (události) nebo času. Proto se údržba provádí v případě poruch (nápravná) nebo po uplynutí předem stanoveného počtu hodin provozu (preventivní). Tyto typy údržby nevyužívají žádnou zpětnou vazbu od skutečné aplikace.

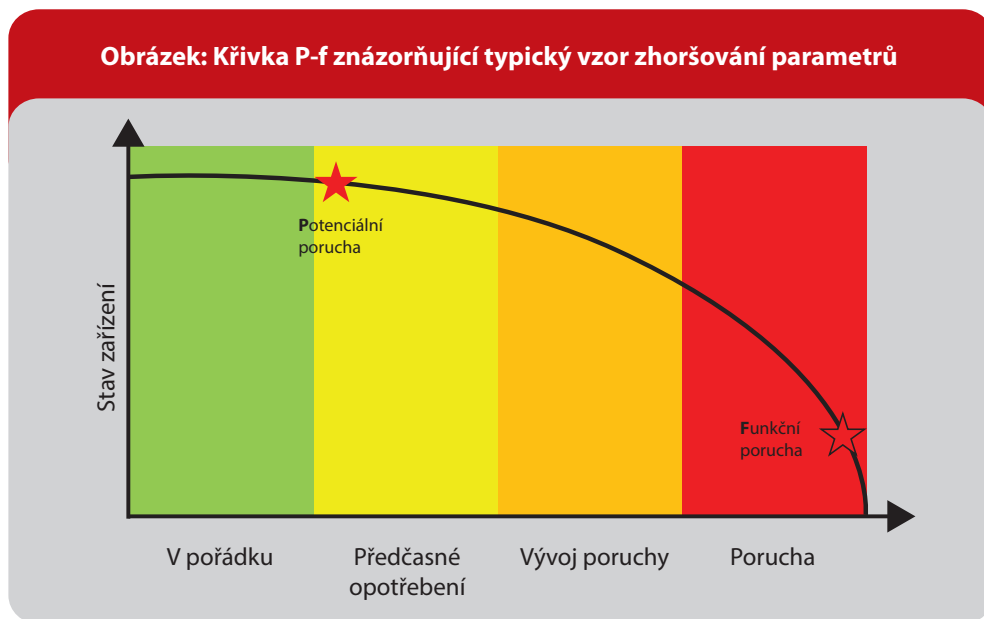
Díky zavedení Průmyslu 4.0 a dostupnosti dat ze snímačů je nyní možné provádět údržbu na základě stavu a prediktivní údržbu. Tyto strategie údržby využívají skutečná data ze snímačů k určení stavu zařízení v provozu (údržba na základě stavu) nebo k předvídání budoucích poruch (prediktivní údržba).

## Údržba na základě stavu

### Přehled a výhody

Údržba na základě stavu představuje nejjednodušší a nejintuitivnější způsob údržby založený na datech z konkrétní aplikace. Získaná data se používají k monitorování stavu zařízení v provozu. K tomuto účelu se vybírají klíčové parametry jako ukazatele pro identifikaci vyvíjejících se poruch. Stav zařízení se obvykle postupem času zhoršuje. To je ilustrováno křivkou P-f, která zobrazuje typický vzor zhoršování parametrů. K funkční poruše dochází tehdy, když zařízení neprovede zamýšlenou funkci. Cílem údržby na základě stavu je zjistit potenciální poruchu dříve, než k ní skutečně dojde.

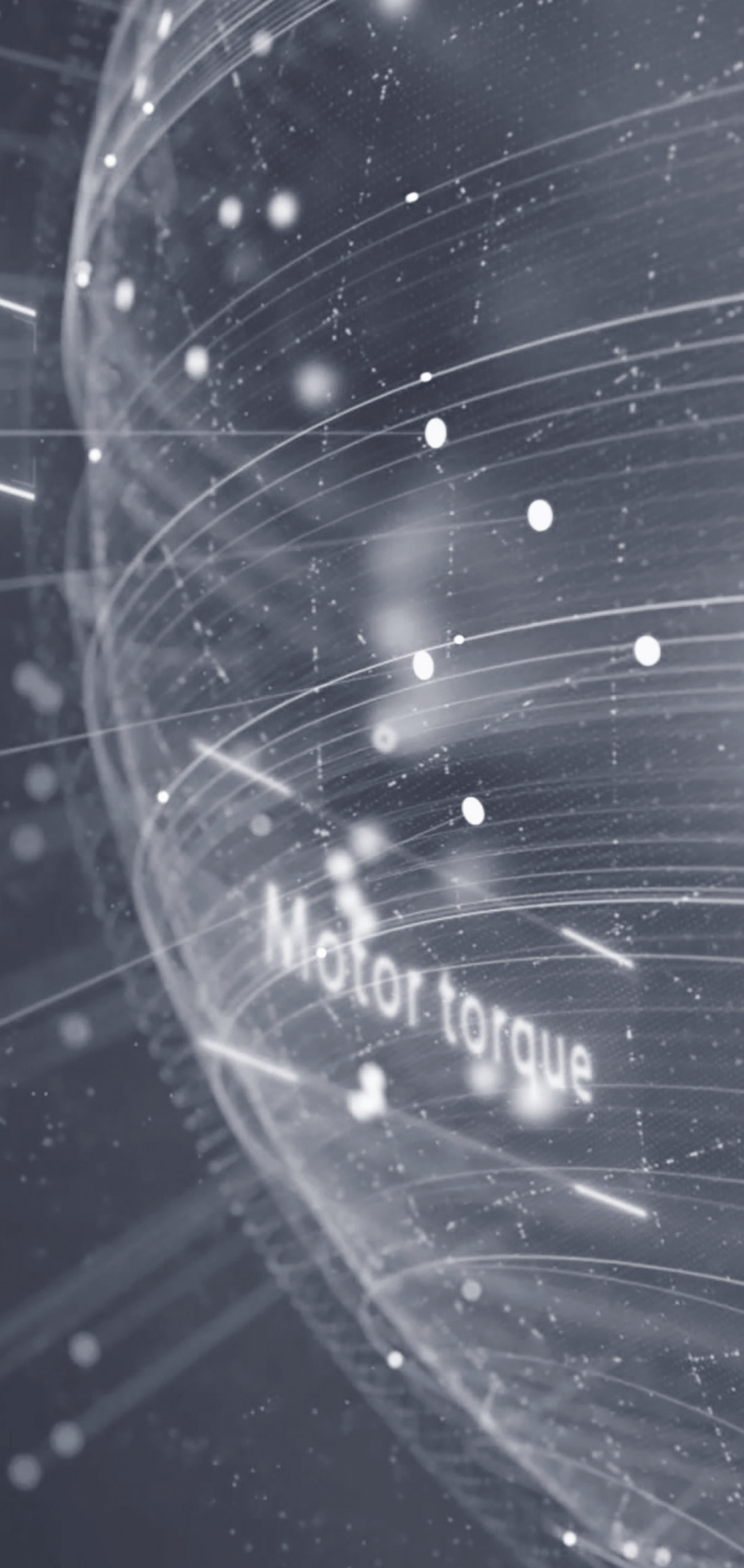
Obrázek: Křivka P-f znázorňující typický vzor zhoršování parametrů



V tomto případě nabízí plánování úkonů údržby mnoho výhod, například:

- Zkrácení prostojů
- Eliminování nečekaných odstávek výroby
- Optimalizace údržby
- Snížení zásob náhradních dílů





## **Funkce sledování stavu** u měničů s proměnnými otáčkami

Nedílnou součástí údržby na základě stavu je i monitorování stavu zařízení. V aplikacích s proměnnými otáčkami závisí stav aplikace často na rychlosti. Například úroveň vibrací mají tendenci se při vyšších rychlostech zvyšovat, přestože tento vztah není lineární. Při určitých otáčkách mohou nastat rezonance, které po zvýšení otáček zmizí.

Použití nezávislého systému k monitorování stavu aplikace s proměnnými otáčkami je komplikováno potřebou znát otáčky a korelovanou monitorovanou hodnotu otáček. Použití frekvenčních měničů ke sledování stavu („měnič jako snímač“ nebo „měnič jako rozbočovač snímačů“) je výhodné, protože informace o rychlosti aplikace jsou již v měniči obsaženy. Kromě toho jsou v měniči kmitočtu snadno dostupné informace o zatížení/momentu motoru a zrychlení.

## Sledování stavu se provádí **ve třech krocích:**

1. Stanovení základních hodnot
2. Definice prahových hodnot
3. Vlastní monitorování

### Stanovení **základních hodnot**

Prvním důležitým krokem pro efektivní monitorování stavu systému je stanovení a definování běžných provozních podmínek. Stanovení základních hodnot znamená definování normálních provozních podmínek pro aplikaci, které se nazývají základní hodnoty. Existuje několik způsobů, jak určit základní hodnoty.

**Ruční základní hodnoty:** Jsou-li základní hodnoty definovány pomocí předchozích zkušeností, do měniče se naprogramují známé hodnoty.

**Základní hodnoty na základě spuštění:** Základní hodnoty lze určit během uvedení do provozu. Při použití této metody se uskuteční běh v příslušném rozsahu otáček a určí se podmínky v každém bodě otáček. Nicméně v určitých scénářích během uvádění do provozu je možné, že aplikace nebude pracovat na plný výkon nebo bude zapotřebí doba záběhu. V těchto situacích musí být základní chod proveden po uplynutí doby záběhu, aby byl zachycen provozní stav, který se co nejvíce blíží normálnímu provozu.

**Základní hodnoty stanovené on-line:** Jedná se o pokročilou metodu, která zachycuje základní data za běžného provozu. To je užitečné v situacích, kdy nelze provést základní běh, protože aplikace neumožňuje prozkoumat celý rozsah otáček.

Po stanovení základních hodnot je dalším krokem generování prahových hodnot pro varování a alarmy. Prahové hodnoty označují stav aplikace, na který musí být uživatel upozorněn. Existují různé způsoby indikace stavu zařízení a jedním z nejpoužívanějších v oboru je semafor se čtyřmi barvami, který je popsán ve specifikaci **VDMA 24582 Reference komunikační sběrnice Fieldbus pro monitorování stavu v tovární automatizaci**.







Barvy označují následující:

- **Zelená:** Označuje, že zařízení je v dobrém stavu a funguje efektivně.
- **Žlutá:** Označuje stupeň varování 1 a znamená, že byla překročena první prahová hodnota. Úkony údržby mohou plánovat pracovníci údržby.
- **Oranžová:** Označuje stupeň varování 2 nebo kritický stav a znamená, že byla překročena druhá prahová hodnota. Pracovníci údržby musí neprodleně provést údržbu.
- **Červená:** Označuje alarm a znamená, že stroj se zastaví a je nutné provést nápravnou údržbu.

## Definování prahových hodnot pro **varování a alarmy**

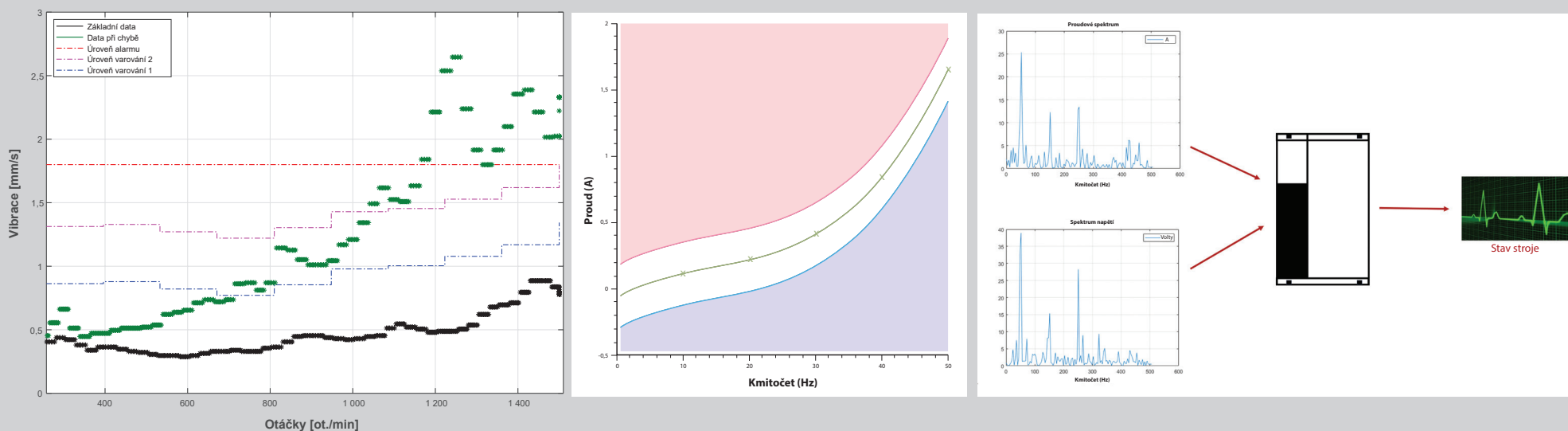
K definování prahových hodnot se používají následující metody:

- **Absolutní:** Jedná se o běžnou metodu, kdy jsou hodnoty zařízení již známy. Prahová hodnota má pevnou hodnotu bez ohledu na naměřenou základní hodnotu. Například když operátor zná absolutní limit zařízení, je pro prahovou hodnotu alarmu nastavena absolutní hodnota. V případě monitorování vibrací lze pro prahovou hodnotu alarmu použít limitní hodnoty popsané v normách, jako je ISO 10816/20816.
- **Kompenzační:** Způsob nastavení prahových hodnot vyžaduje pochopení aplikace a základních hodnot. Prahová hodnota závisí na základní hodnotě, vůči níž se zvolí uživatelem definovaný posun. Rizikem je v tomto případě nastavení velmi nízké nebo vysoké hodnoty vedoucí k falešně pozitivním výsledkům. Chybná nastavení mohou způsobit, že monitorování nefunguje, a to ani v případě poruch.
- **Faktorová:** Tato metoda se používá snadněji než kompenzační, protože vyžaduje méně důkladné pochopení aplikace. Prahová hodnota závisí na základní hodnotě vynásobené koeficientem. Prahová hodnota může například činit 150 % základní hodnoty. Rizikem je v tomto případě nastavení velmi vysoké prahové hodnoty.

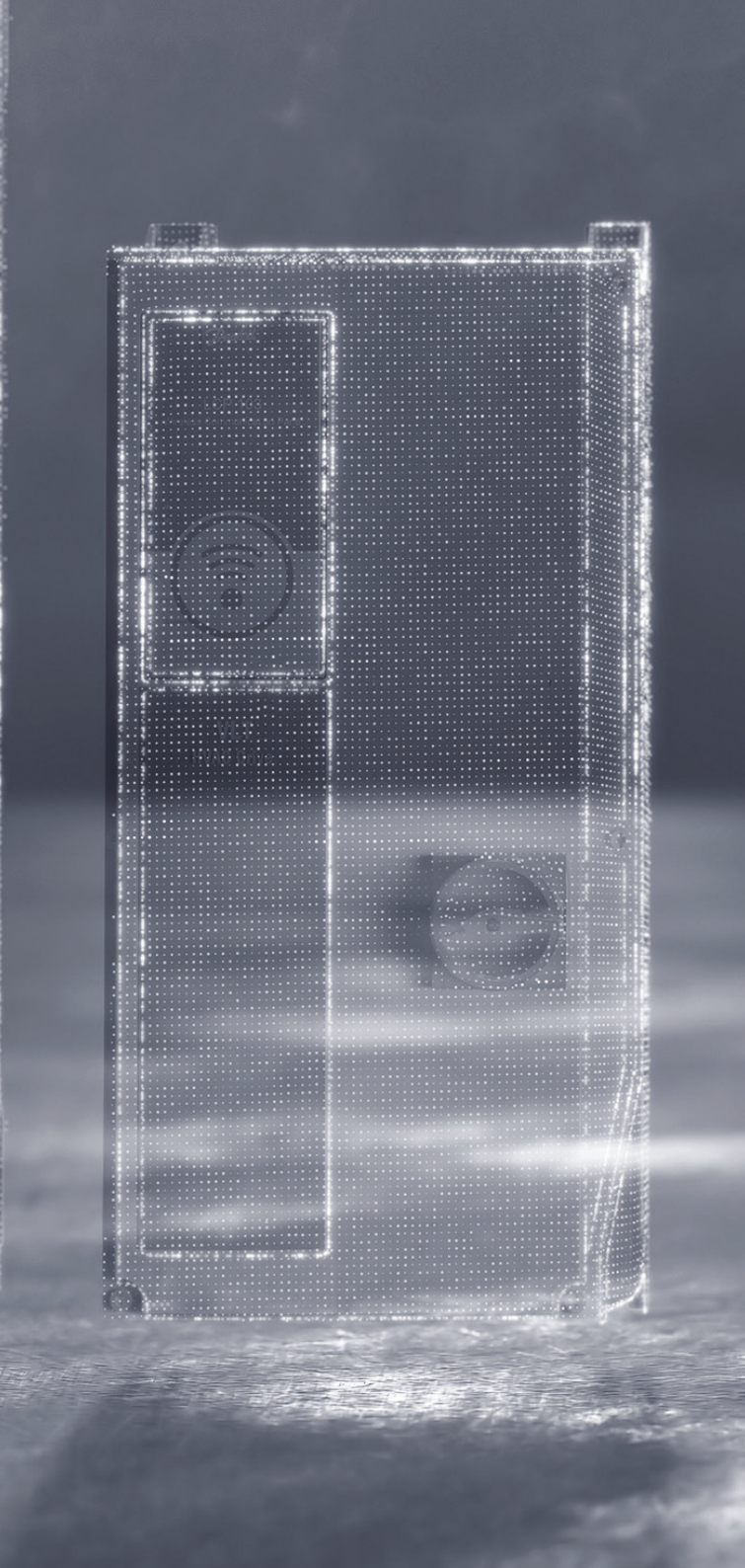
# Monitorování

Monitorování se provádí trvalým porovnáním s prahovými hodnotami. Během normálního provozu se skutečné hodnoty porovnávají s prahovou hodnotou. Pokud sledované parametry překročí po předem definovanou dobu prahovou hodnotu, aktivuje se varování nebo alarm. Časovač je nakonfigurován tak, aby fungoval jako filtr, takže krátké přechodové jevy neaktivují varování a alarmy.

Obrázek: Techniky condition-based monitoring



Skutečné monitorované hodnoty lze odečíst z měniče prostřednictvím ovládacího panelu LCP, komunikační sběrnice Fieldbus nebo komunikace IoT. Digitální výstupy lze navíc nakonfigurovat tak, aby reagovaly na specifická varování a alarmy. Některé měniče mají vestavěný webový server, který lze také použít ke čtení stavu.



## Závěr

Dnes jsou měniče více než jen jednoduché výkonové komponenty. Díky schopnosti fungovat jako snímače a rozbočovače snímačů, zpracovávat, ukládat a analyzovat data a společně s četnými možnostmi připojení jsou frekvenční měniče klíčovými prvky moderních automatizačních systémů.

Měníče jsou již často v instalacích automatizace přítomny, a proto představují skvělou příležitost k přechodu na Průmysl 4.0.

To umožňuje nové způsoby provádění údržby, například údržbu na základě stavu. Potřebné funkce jsou již v některých měničích k dispozici a první průkopníci již začali používat měnič jako snímač.

Další informace naleznete na webu **danfoss.com**

Veškeré informace, mimo jiné informace o výběru produktu, jeho použití, designu, hmotnosti, rozměrech, kapacitě nebo jakýchkoli jiných technických údajích v příručkách k produktům, popisech v katalozích, reklamách atd., bez ohledu na to, zda byly poskytnuty písemně, ústně, elektronicky, online nebo prostřednictvím stahování, budou považovány za informativní a jsou závazné pouze za podmínky a v rozsahu, v němž na ně byl uveden výslovný odkaz v nabídce nebo v potvrzení objednávky. Danfoss nepřijímá odpovědnost za případné chyby v katalozích, brožurách, videích a dalších materiálech. Danfoss si vyhrazuje právo změnit své výrobky bez předchozího upozornění. To platí také pro objednané, avšak nedodané výrobky za předpokladu, že takové změny lze provádět bez změn podoby, vhodnosti nebo funkce výrobku. Všechny ochranné známky uvedené v tomto materiálu jsou majetkem společnosti Danfoss A/S nebo společností skupiny Danfoss. Název Danfoss a logo Danfoss jsou ochranné známky společnosti Danfoss A/S. Všechna práva vyhrazena.