

**item**

# Automatizace v průmyslu

Základy lineární techniky



# OBSAH

K čemu slouží tato bílá kniha	02
Přehled: Bílá kniha „Automatizace v průmyslu“	02
Krátká historie automatizace	03
Jednoduché stroje překonávají lidské hranice	03
Stroje se stávají inteligentními	04
V budoucnosti bude rozhodovat efektivita	06
Technické základy automatizace	07
Lineární vedení	09
Hnací prvky	10
Závěr	12
Výhled	13

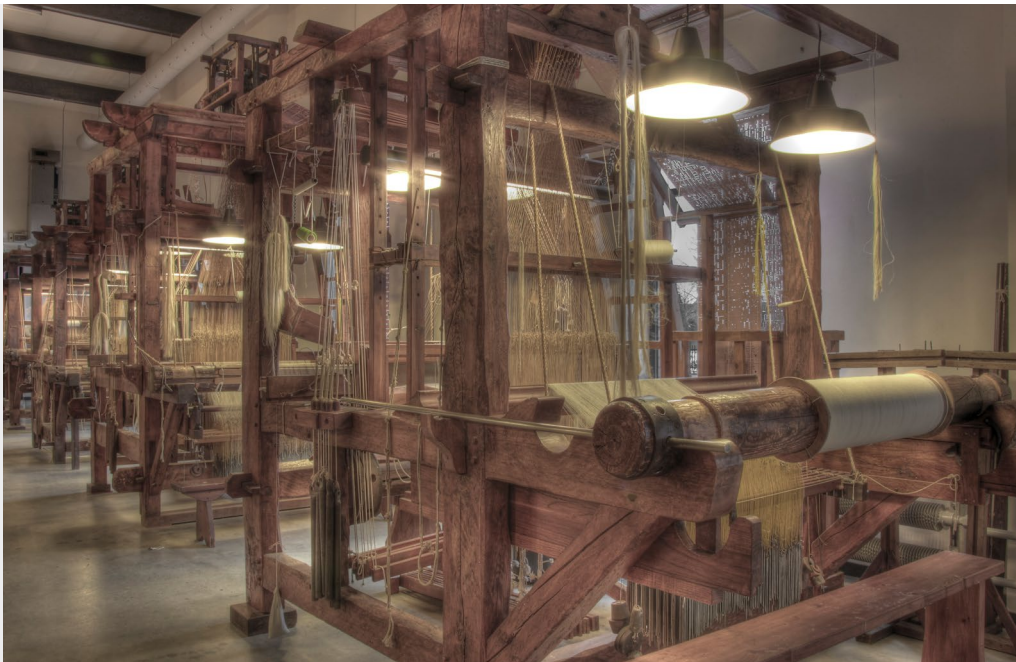
## K čemu slouží tato bílá kniha

Stroje, které automatizují procesy, jsou neodmyslitelnou součástí moderní výroby. Průmyslový rozvoj posledních let zažil díky snižování jednotkových nákladů a zvyšování úrovně kvality enormní růst. Avšak pro maximální využití tohoto růstu musí společnosti zajistit, aby jejich strojní park a výroba byly sladěny s individuálními požadavky, které dostávají.

Tato bílá kniha slouží jako příručka pro používání lineární techniky v průmyslu a má čtenáři pomoci při předběžném výběru vhodné technologie. Představuje základní technické přístupy a poskytuje orientaci i rychlý přehled o příslušných výhodách. Díky pokrokům v technologii značně vzrostla řada dostupných produktů. Pro urychlení plánování je proto důležité se zaměřit na klíčové prvky. Tato bílá kniha může také pomoci uživatelům, kteří nemají příliš mnoho předchozích znalostí, posoudit vhodnost nabízeného řešení.

### Přehled: Bílá kniha „Automatizace v průmyslu“

Automatizace v průmyslu je velice komplexní téma, takže Vám k němu nabízíme hned dvě bílé knihy. Tento první díl „Základy lineární techniky“ se soustředí na mechaniku a zabývá se rozhodnutím, které musí být učiněno při výběru vhodné hnací techniky a technologie vedení. Druhý díl „Motory a řídicí systémy“ se zaměřuje na elektronické komponenty a na souhrn mechaniky, řídicího systému a motoru.



V 16. století byly vyvinuty první tkalcovské stavy poháněné pásem od vodního mlýnu.

## Krátká historie automatizace

### Jednoduché stroje překonávají lidské hranice

Od nepaměti se člověk pokouší překonat hranice svých tělesných schopností. Použití nástrojů patří k technikám lidské kultury napomáhajícím k řešení úkolů v různých životních situacích. Na začátku to byly elementární otázky přežití, jak také naznačuje latinský kořen slova „cultura“, který znamená „zpracování, péče, obdělávání půdy“. Nejstarší známé kamenné nástroje použil homo habilis již před cca 2,5 miliony let.

Mnohem později začal moderní člověk vyvíjet jednoduché stroje, aby překonal meze vlastní přesnosti a produktivity. V hrobech v Číně byly nalezeny nefritové prsteny starší než 2 500 let, které byly tak rovnoměrné, že lze usuzovat, že byly zhotoveny automatizovaným zpracováním tohoto tvrdého minerálu. Opakovaným točivým pohybem byl postupně vytvořen pravidelný šroubovitý vzor, který lze s minimálními rozdíly nalézt na všech prstenech.

Během první průmyslové revoluce zažila automatizace nepředvídaný rozmach. Výhody mechanizace procesů byly doplněny výkonem parního stroje. Tím přestala být síla lidí nebo zvířat limitujícím faktorem. Pomocí strojů bylo možno vyrábět zboží, které bylo dříve nemyslitelné.

Během druhé průmyslové revoluce se díky použití běžícího pásu zkrátila dramatickým způsobem doba výroby. Výsledkem toho byl významný pokles nákladů pro spotřebitele.

I dnes má automatizace především za cíl dosáhnout opakovatelných výsledků při nezměněné kvalitě. Díky automatizaci lze snadněji udržet standardy, protože mohou být značně eliminovány odchylky způsobené zásahem lidské ruky. Stroje se neunaví a zpravidla vyrábějí rychleji než člověk. Tam, kde je žádána výroba identických předmětů s neměnnou kvalitou, je automatizace nepostradatelným předpokladem zachování konkurenceschopnosti.

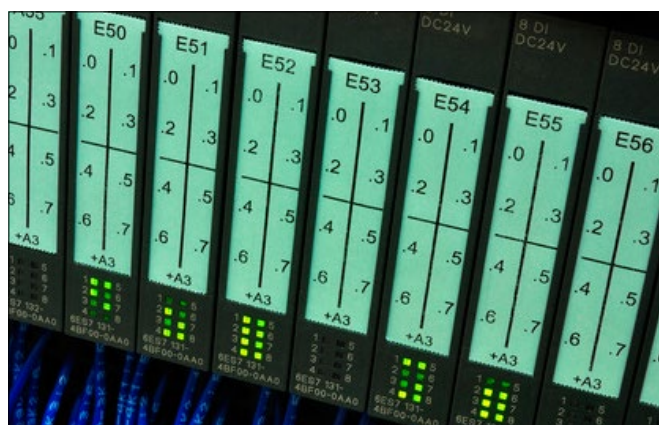




Stroje a zařízení se v průběhu času stávají ve svém provedení stále komplexnějšími.

## Stroje se stávají inteligentními

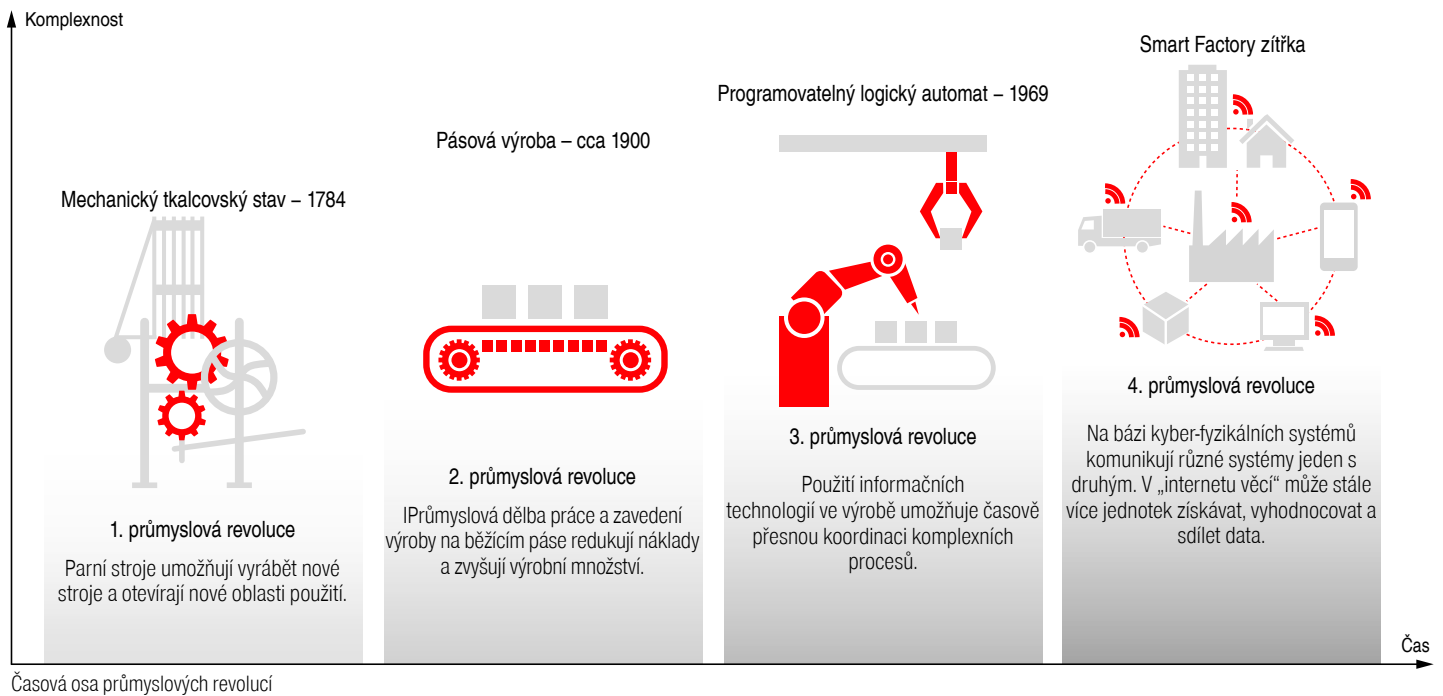
Jednoduché stroje permanentně opakují jednu a tu samou operaci. Již malé změny vyžadují v rámci výrobního procesu větší úpravy či přestavby. Proto byl hledán postup, který by umožnil řídit stroje nezávisle na situaci. K tomu stroje potřebují na jedné straně senzory pro měření a posouzení stavu, na druhé straně pak elektronický mozek pro zpracování informací. Pak přišel rok 1969: Na trh přišel první programovatelný logický automat



Programovatelný logický automat (PLC)

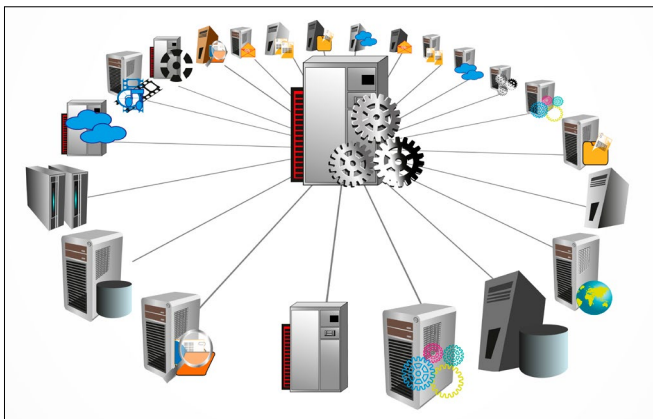
(PLC) a zahájil třetí průmyslovou revoluci. Za jeho tvůrce jsou považováni Richard Morley a Odo J. Struger. Programovatelné řízení stroje Modicon 084 přišlo na trh pod nešikovným názvem „Solid-State Sequential Logic Solver“. „Logic Solver“ odkazuje na to, co bylo pro pana Morleye mimořádně důležité: Jeho řídicí systém měl za úkol vyvozovat z událostí logické závěry a příslušně na to reagovat.

Jednoduché řídicí systémy např. Simatic společnosti Siemens nabízejí již od roku 1958 schopnost operace počítat a např. při dosažení počtu 100 prováděné operace zastavit, aby mohl být vyměněn zásobník. Skutečná programovatelnost, která byla dle vzoru Modiconu 084 schopna flexibilně reagovat, přišla později. V roce 1974 uvedli pánové Klaschka a Pitz v Německu na trh první PLC. Firma Siemens je následovala téměř v tom samém okamžiku s řídicím systémem Simatic S3.



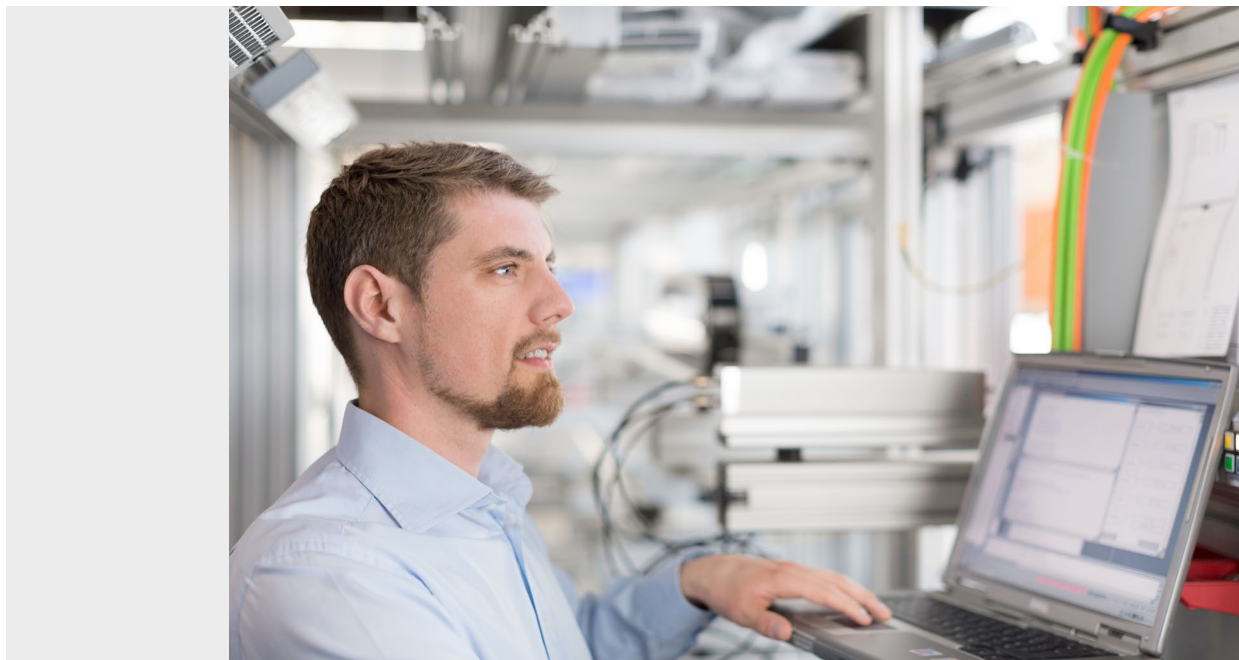
Z uzavřených systémů včerejška se staly multifunkční jednotky dneška. Kolik komponent může řídit jedno řešení, jak precizní jsou dané procesy a jak snadno je lze zharmonizovat s jinými systémy, určuje výběr vhodných řídicích systémů.

Automatizace se stále více mění z jednoho procesu, na který je zaměřen jeden jediný stroj, na systém propojený sítí. Díky vzájemné komunikaci mezi stroji mají být umožněny nové formy tvorby hodnot. Ve čtvrté, nadcházející, průmyslové revoluci získávají pod heslem „Průmysl 4.0“ mimořádný význam oblasti inteligentního zpracování a přenosu dat. Takže zakázkové produkty budou moci být vyráběny s nízkými náklady stejně jako sériové výrobky na strojích.



Díky „Internetu věcí“ je možné navzájem propojit nesčetné množství objektů.

„Smart production (inteligentní výroba) umožňuje zvládnout procesy, jejichž komplexnost si téměř nelze představit. Továrna budoucnosti nabízí podstatně vyšší flexibilitu a robustnost na proslule vysoké úrovni produktivity a kvality při optimálním využití zdrojů. Hlavní výzvou tohoto zcela nového způsobu výroby je ještě vyšší automatizace se současnou individualizací procesů, zvládnutí obrovských množství dat a vysoce rozvinutý monitoring, což umožní řídit celé společnosti a sítě vytváření hodnot“, říká Prof. Dr. Henning Kagermann z Německé akademie technických věd (acatech) v Mnichově.



Pracující člověk zítřka se vysokou měrou řídí sám, je komunikativní a organizovaný.

## V budoucnosti bude rozhodovat efektivita

Rostoucí nahrazování lidské pracovní síly ve výrobě stroji vede k tomu, že se lidé budou stále více soustředit na činnosti vývoje, plánování a projektování. Lidé musí již dnes pečovat o to, aby firmy existovaly i v budoucnosti a nebyla v důsledku silně globalizovaných trhů omežována jejich činnost stále rostoucím konkurenčním tlakem. Prof. Dr. Henning Kagermann předpokládá pro budoucnost v oblasti průmyslové práce ještě další významné kvalitativní změny: „Pracovní činnost ve „Smart Factories“ bude na všechny pracovníky klást výrazně vyšší požadavky v rámci komplexnosti, abstrakce a schopnosti řešit problémy. Navíc bude od pracovníků vyžadována vysoká míra samostatně řízeného jednání, umění komunikace a schopnosti samostatné organizace.“ Pracovníky při tom budou podporovat inteligentní asistenční systémy, které budou řídit přesnou, bezpečnou a efektivní výrobu.

Ústředním tématem je – dnes a jistě i v budoucnosti bude – efektivita. Aby docílily výhod efektivity, koncentrují se firmy stále více na své klíčové kompetence. K tomu je nutno přidat ekonomické využívání zdrojů a používání vyzrálých a inovativních technologií.

Vysoká vertikální integrace tak, jak byla v průmyslu praktikována dříve, se prokázala a prokazuje stále více jako neekonomická. Vysoké investice do strojů a zařízení vedou k vysokému vázání kapitálu. Na druhé straně se nepřetržitě zkracují životní cykly výrobků, takže náklady musí být amortizovány stále rychleji. Tento vývoj měl a má za následek, že se firmy silněji koncentrují na své klíčové kompetence. To opět vede vedle zesílení vertikální integrace i k zásadní a částečně revoluční odbornosti v určitých průmyslových sektorech. Tato vyzrálá odbornost a s ní propojené inovativní technologie mohou být nakupovány a zvyšují tak užitek vlastní výroby příp. vyráběných výrobků. Zvýšený užitek zákazníka zase znamená docílení zvýšené prodejní ceny. Výsledkem je růst efektivity při současném posílení pozice na trhu.

Firmy orientované na zákazníka spolu s tím již nabízejí předem připravená řešení pro provádění zcela určitého úkolu. Navíc jsou definována jednotná rozhraní, aby mohla být zaručena kompatibilita s různými konstrukčními celky. Předem konfigurované konstrukční celky snižují především ve strojírenství a v případě individuálního projektování komplexnost projektů. Navíc mohou být zkracovány délky procesů a zvýšena bezpečnost plánování jednotlivých projektů.



Díky uživatelsky přívětivým spouštěcím asistenčním systémům programování může být výroba zahájena rychleji.

## Technické základy automatizace

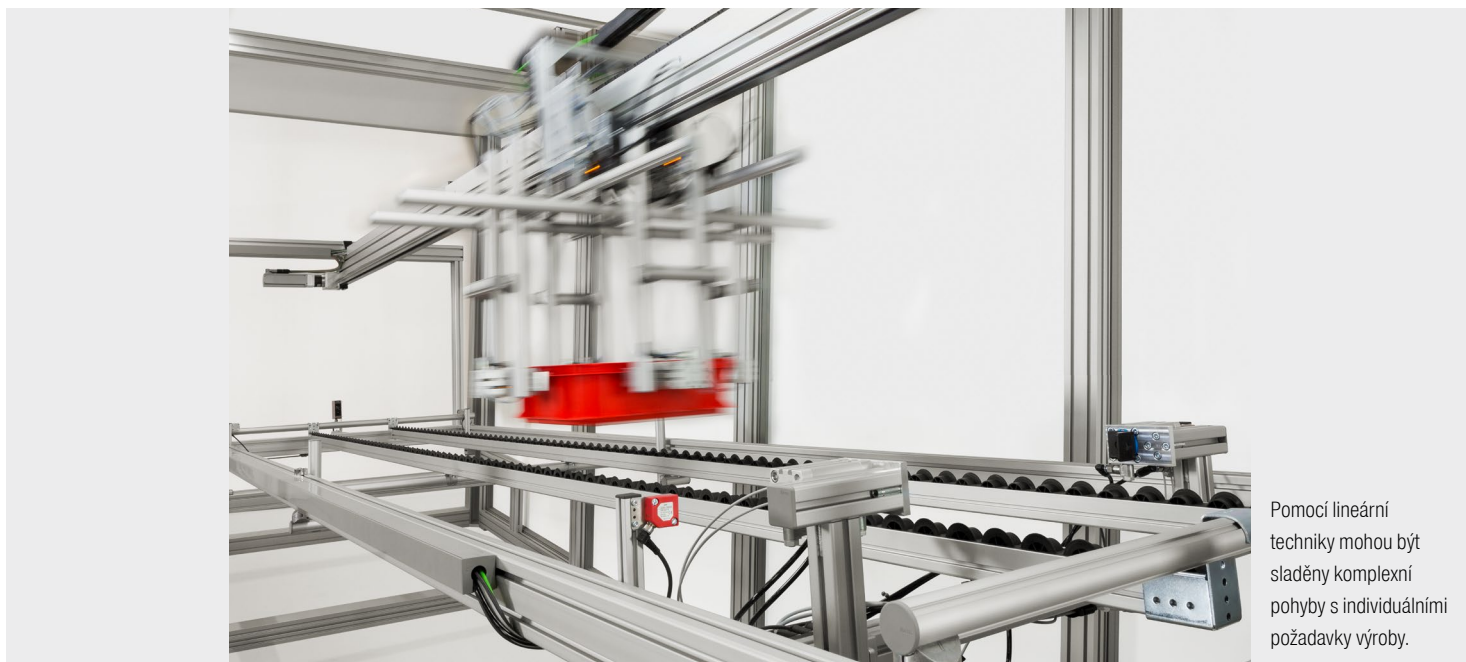
Lineární technika je běžné řešení průmyslové automatizace. Je robustní, spolehlivá a lze ji implementovat s vynaložením minimálních nákladů a úsilí. Lineární znamená, že pohyb probíhá podél osy. Lineární jednotka pohybuje tzv. vozíkem (nosič pro zpracovávaný předmět nebo aplikace) v jednom směru vpřed a ve většině případů také zpět. Synchronní hřídele se starají o to, že pracují dvě nebo více lineárních jednotek souběžně. Lineární jednotky lze i kombinovat tak, že je možné umístění ve dvou nebo třech osách.

S relativně nízkým objemem investic mohou být za použití lineární techniky uspořádány komplexní sledy pohybů.

Poháněná lineární jednotka se skládá z následujících komponent:

- **Lineární jednotka** je kombinací jedné kolejnice a jednoho vozíku, který se pohybuje na této kolejnici. Vozík se může pohybovat jen po kolejnici v přesném lineárním pohybu.
- **Hnací element**, např. ve formě dvou reverzních řemenic a jednoho ozubeného řemene, umožňuje vozíku pohybovat se mechanicky.
- **Motor** vykonává mechanickou práci např. tím, že je elektrická energie přeměňována na energii pohybovou.
- **Řídicí systém** odpovídá za to, že motor dodává nejen pohybovou energii, nýbrž i vykonává určitý počet otáček ve správném směru a ve správném čase s ohledem na požadovaný pohyb.





Pomocí lineární techniky mohou být sladěny komplexní pohyby s individuálními požadavky výroby.

Výběr lineární jednotky vhodné pro danou situaci je určen zprvč zpracovávaným či opracovávaným předmětem a zadruhé individuálním prostředím výroby. Klíčové faktory, které mají být při určení vhodné lineární jednotky vzaty v úvahu, jsou popsány dále:



#### Užitečné zatížení

V tomto případě se jedná o hmotnost, kterou má vozík přepravovat. Těžké zpracovávané předměty nebo nástroje/nářadí vyžadují příslušně zatížitelná vedení a pohony. Jak vysokou zátěž může vozík nést, závisí např. na nosnosti pojezdových kladek. Má-li být velké užitečné zatížení přepravováno na delší trase, musí být průřez profilu nosiče přizpůsoben zatížení, aby se zabránilo nadměrnému průhybu.



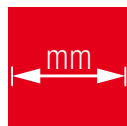
#### Rychlost

Čím rychleji se vozík pohybuje, tím méně času je ztraceno mezi kroky zpracování. Vyšší rychlost také zvyšuje počet prováděných operací a tím produktivitu výrobní linky.



#### Opakovaná přesnost

Představuje maximální odchylku u pravidelného pohybu z bodu A do bodu B. Při vysoké opakované přesnosti zastaví vozík vždy přesně na požadovaném místě, což zvyšuje preciznost zpracování. Nízké tolerance jsou nejlepší cestou k trvalému spolehlivému provádění předem definovaných pohybů.



#### Maximální dráha pohybu

Samotné plánované použití v konečném důsledku určuje trasu, kterou musí vozík za účelem svého úkolu vykonat. Zajistě hnací a vodící technologie budou vhodnější než jiné s pochybnou dráhou pohybu.





Kombinace řemenového pohonu a kladkového vedení zajišťí rychlý pohyb bez vůle.

## Lineární vedení

Lineární vedení je základní komponentou lineární jednotky. Udává směr pohybu – lineární dráhu. Dá se to srovnat s vlakem, který jede po kolejích. Lineární vedení se proto skládá ze dvou elementů: vlastní vedení (kolejnice) a k tomu vhodný dopravní element (vozík).

Rozlišujeme následující druhy lineárních vedení:

### Kladková vedení

Kladková vedení používají pojezdové kladky, které se pohybují na kolejnicích. Kolejnice jsou zpravidla kulaté nebo polokulaté tyče, které jsou v nosném profilu. Pojezdové kladky jsou speciálně profilovaná ložiska. Jejich profil je uspořádán tak, že přesně obepínají kolejnice a je tedy možný provoz bez vůle, aniž by pojezdové kladky mohly vyskočit ze svých vedení. Díky průměru a materiálu kolejnic a kladek i díky počtu a uspořádání kladek je možno kladkové vedení přizpůsobit velkému počtu aplikací.

### Vedení s kluzným vozíkem

Vedení s kluzným vozíkem klouzájí za nízkého tření přímo po povrchu. Profilovaná kluzná vložka klouže při tomto způsobu vedení podél stejně profilované kolejnice a zajišťuje tak, že vozík neopustí svou dráhu. Vedení s kluzným vozíkem jsou vhodná pro použití, která nemusí být zcela bezvůlové a měly by být navíc provozovány bez vysokých nákladů.

### Kuličková vedení

Kuličková vedení jsou vedení s valivými ložisky, která se pohybují podobně jako kladková vedení podél kruhových nebo profilovaných kolejnic. Jejich zvláštností je uspořádání valivých tělísek, která se pohybují podél jedné dráhy a na konci jsou vedena zase zpět podél druhé dráhy. Tento princip funkce vícebodového kontaktu podél jedné dráhy umožňuje snižovat tření a zajišťuje vhodné rozložení sil, které na ně působí. Kuličková ložiska mohou na malém prostoru přenést vysoké zátěže.



Kuličkový šroub se vyznačuje vysokou přesností polohování.

## Hnací prvky

Moderní hnací prvky jsou optimalizovány pro různé úkoly. Umí pracovat velice rychle a obzvlášť precizně. Výběr hnacího prvku zásadně rozhoduje o celkovém výkonu lineární jednotky. Má vliv jak na přesnost, rychlost a zatížitelnost tak i na náklady.

Můžeme rozlišovat následující hnací prvky:

### Řemenový pohon

Řemenový pohon umožňuje vysoce dynamické pohyby a tím krátké časy cyklů.

U řemenových pohonů se pohybuje tvarově přesně přiléhající ozubený hnací řemen po motoricky poháněné řemenici, která je rovněž ozubená. Tato kombinace znemožňuje prokluz a dovoluje přenos velkých sil. Jsou možné rychlé změny směru i zrychlení velkých hmotností.

Ozubený řemen se skládá z ocelových lan, které jsou oplášťena polyuretanem. To zajišťuje dlouhou životnost a tichý chod. Protože řemen sám o sobě vykazuje nízkou hmotnost, je vynakládána pouze malá energie pro jeho vlastní pohyb.

Lineární jednotky s řemenovým pohonem mohou být realizovány téměř v jakékoliv délce. Tak vznikají lineární jednotky, které kombinují velké hnací síly s dlouhými dráhami pohybu. Pohánění probíhá při změně směru ozubeného řemene.

Je-li tento typ používán vertikálně, je nutno vhodnými opatřeními zajistit, aby vozík při výpadku proudu apod. nekontrolovatelně nesjel. Bez motorové brzdy je možno ozubeným řemenem snadno pohybovat, proto není schopen sám udržet svoji pozici.

### Kuličkový šroub

Kuličkový šroub se používá tam, kde je vyžadována velká síla a přesné polohování.

To je umožněno díky hnacímu principu: Základem kuličkového šroubu je přesné vřeteno. Stoupání závitu určuje rozhodujícím způsobem rychlost a přesnost polohování. Na vřetenu se nachází neotáčivá matice, ve které jsou umístěny kuličky. Tyto obíhají v závitu a při otáčení vřetene vedou matici v přímé ose. Protože jsou kuličky nepatrně větší než dráha, ve které se pohybují, vzniká předpětí, které zajišťuje bezvúlový chod a únosnost. Použitím vřetene s větším stoupáním může kuličkový šroub vyvíjet větší rychlost posuvu.

Délka vřetene omezuje rychlost jeho otáčení. V případě vysoké hnací rychlosti by proto mělo být upřednostněno vřeteno s větším stoupáním.

U vertikálních použití je zaručena vysoká bezpečnost proti nekontrolovatelnému sjetí matice: z důvodu převodového poměru kuličkového šroubu nemusí pohon poskytovat velké brzdné momenty.

„*Hřebenový pohon je robustní lineární pohon, pomocí kterého mohou být přesouvány břemena o vysoké hmotnosti.*“

### Řetězový pohon

Řetězový pohon je odolný proti znečištění, může přenášet vysoké síly a je také vhodný pro vertikální pohyby. Robustní řetězy jsou používány tehdy, je-li vyžadována nejvyšší spolehlivost i za nepříznivých podmínek.

Podobně jako u ozubeného řemene je točivý pohyb motoru převáděn na uzavřený řetěz. Prokluz tak není možný.

Lineární jednotky s řetězovým pohonem přenášejí velké síly ve směru chodu, jsou však omezeny z pohledu pozicování a rychlosti pohybu díky své konstrukci. Řetězové pohony zato nabízejí výbornou mez únosnosti, proto jsou používány např. u zvedacích dveří nebo v jiných oblastech vertikálního použití.

Protože v případě řetězového pohonu může být síla díky použití řetězových kol v libovolném místě lineární jednotky převedena na otáčivý pohyb, je řetězový pohon vhodný zejména pro stavbu dopravníkových zařízení s přepravními kladkami. V této oblasti použití neexistuje téměř žádná jiná alternativa.

Použití řetězu s ocelovými články vyžaduje ve srovnání s jinými lineárními jednotkami větší nároky na údržbu. Rovněž je nutno dbát na dostatečné promazávání i na pravidelnou kontrolu napnutí řetězu.

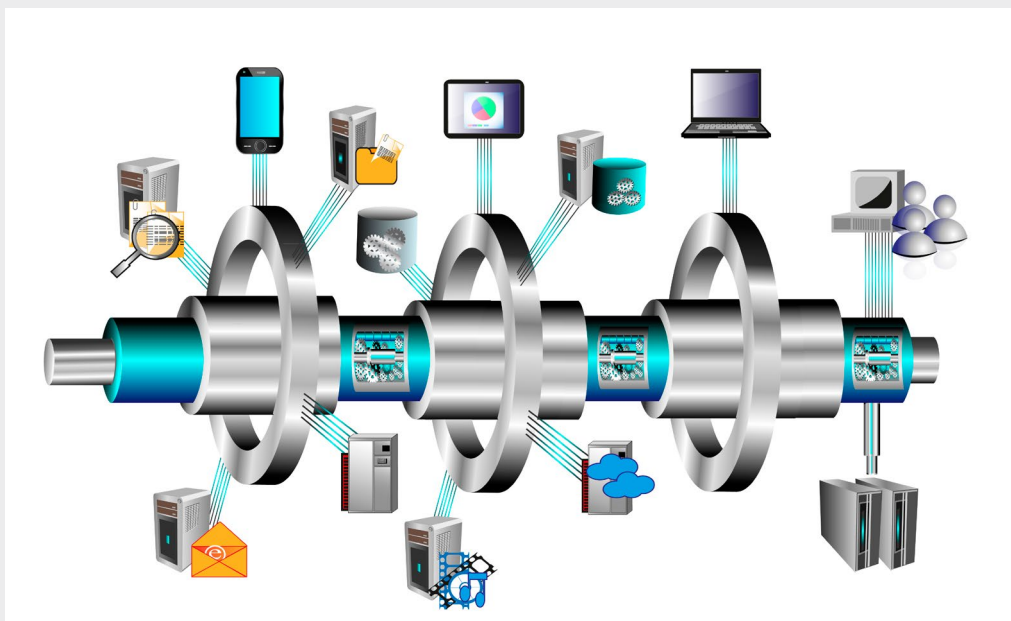
### Hřebenový pohon

Hřebenový pohon se používá tam, kde je nezbytné bezpečné zvedání velkých zátěží i vysoká přesnost opakování. Hnané ozubené kolo zapadá bez jakéhokoli prokluzu do rovného hřebene. Točivý pohyb hnacího motoru je tak převáděn přímo do přímého pohybu vozíku.

Díky tomu existují dvě možnosti použití: Buď je zátěž umístěna na poháněném ozubeném kole a pohybuje se spolu s ním nebo je součástí ozubeného hřebene a pohyb vykonává s hřebem.

Hřebenový pohon je robustní lineární pohon, pomocí kterého lze uvádět do pohybu břemena o velké hmotnosti. Dokonce i u dlouhých drah je dosahováno vysoké přesnosti polohování, protože se hřeben při zatížení nedeformuje.

Lineární jednotky s hřebenovým pohonem poskytují bezpečný přenos síly i při vertikálním použití.



Kyber-fyzikální systémy propojují prostřednictvím datové infrastruktury veškeré elementy, které se účastní výrobního procesu.

## Závěr

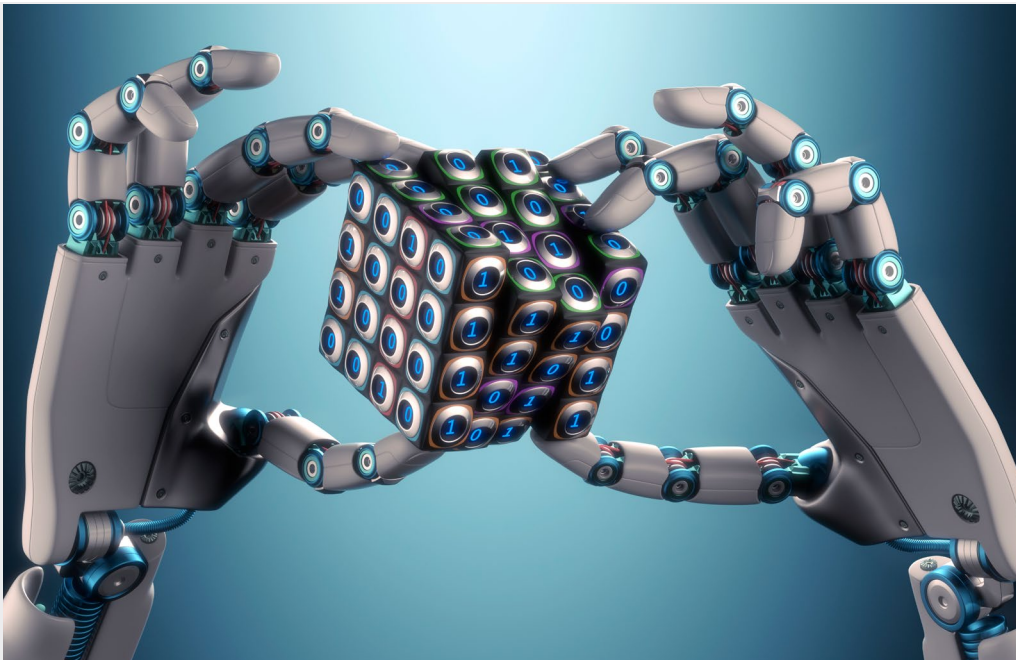
V rámci třetí průmyslové revoluce byla lidská pracovní síla stále více nahrazována automatizací procesů. Lineární technika přebírá velkou část úkolů automatizace v průmyslu. S lineárním pohybem je možno zkonstruovat spolehlivé a vysoce výkonné víceosé manipulační systémy, které vykonávají pohyby v prostoru. Nekomplicovaná a rychlá konstrukce takových lineárních systémů vedla v průmyslu ke zvýšení kapacitních limitů a v důsledku toho i ke zvýšení účelnosti využití.

Rozmanitost hnacích technologií a systémů vedení umožňuje firmám individuální výběr pro speciální požadavky výroby. Před nákupem systému by mělo být přesně definováno, jaký význam pro výrobu mají faktory jako užitečné zatížení, dráha

pohybu, přesnost opakování nebo rychlost. Hnací technologie a systémy vedení by měly být vybírány s ohledem na příslušné požadavky.

Celý systém sestávající se z lineárního vedení, pohonu a vozíku může být vhodně sestaven a smontován z komponent s ohledem na účel použití. Z důvodu rostoucího zeštíhlování výrobních procesů lze doporučit lineární jednotky připravené k instalaci, které mohou být bez náročné konstrukce a montáže ihned přímo instalovány. Díky tomu nejsou potřeba žádné specializované znalosti, např. jak se instalují hřídele nebo ozubené řemeny. To snižuje náklady a šetří mnoho času, který by byl nutný pro sestavení jednotlivých komponent.





Big data: Ekonomické shromažďování, zaznamenávání a vyhodnocování dat bude hrát stále větší roli.

## Výhled

Dnes se automatizace nachází před další obrovskou změnou. Pod heslem „Průmysl 4.0“ se rozumí všeobecný nástup informačních a komunikačních technologií: propojení věcí, služeb a dat ve výrobě.

Razantní nástup internetu téměř ve všech oblastech života vede k novým možnostem zejména v oblasti výroby. Propojení více softwarových systémů, které si vyměňují informace, a stále rostoucí shromažďování informací vyjadřují pojem „Big data“. Kyber-fyzikální systémy propojují prostřednictvím datové struktury veškeré elementy, které se účastní výrobního procesu. Mohou tak být v reálném čase zaznamenána, zpracována a vyhodnocena data a parametry všech komponent zúčastněných na výrobě – jako nástroje, nářadí, provozní prostředky, výrobky a stroje; parametry mohou být automaticky nově stanoveny.

Zaznamenávání dat v reálném čase a řízení procesů online umožňují ještě rychleji reagovat na požadavky zákazníků a ekonomicky vyrábět vysoké počty variant při malých velikostech dávek. Nové, pro jednotlivé zákazníky specifické výrobky a firemní procesy, které jsou v konvenční výrobě dneška ještě nemyšlitelné, se stanou realitou.

Druhý díl naší bílé knihy na téma automatizace v průmyslu popisuje elektronické komponenty v celém systému poháněné lineární jednotky.

item. Vaše myšlenky stojí za to.®

# item

item Industrietechnik GmbH  
Friedenstraße 107-109  
42699 Solingen

Tel.: +49 212 65 80 0  
Fax: +49 212 65 80 310

info@item24.de  
item24.de

## 0 vydavateli

Společnost item Industrietechnik GmbH založená v roce 1976 je jednou ze společností s vedoucím postavením na trhu systémových stavebnic. Jako specialista na hliníkové profily, lineární techniku, řešení pracovišť a Lean Production vyrábí společnost item vše pro konstruování strojů, zařízení, provozních prostředků a kompletních pracovních prostředí. Kvalitativně hodnotné výrobky používají firmy po celém světě.

Další informace naleznete na webových stránkách:  
[cz.item24.com](http://cz.item24.com)