

# ENERGETICKÁ ÚČINNOST VÝTAHOVÝCH KOMPONENTŮ

## 1. Úvod:

Vyšší úspora energie se stává větší a větší výzvou dnešní doby. Nejenom z důvodů ochrany životního prostředí, ale také z ekonomických důvodů, se zvyšuje význam úspory energie každým rokem.

Ačkoliv je výtah pouze minoritní částí v celkové spotřebě energie budovy, bylo by lehkomyslné nebrat v úvahu možnost redukovat jeho náklady za spotřebu energie.

Samozřejmě je toho mnohem více, než pouze spotřeba el. energie výtahu, při posuzování dopadu výtahu, jako celku, na životní prostředí. Musí být vyroben nezbytný materiál, ze kterého se skládá, postaven a nakonec i zlikvidován nebo recyklován. Mimo to jsou potřeba další suroviny jako např. voda.

Stejně jako je životní prostředí velice komplexní a je téměř nemožné jej kompletně pokrýt, následující text je zaměřen pouze na energetické požadavky instalovaného výtahu.

Základní potřeba: zvedání nákladu

Výtah nepotřebuje energii pouze pro zvedání nákladu, ale také ji spotřebovává v klidovém stavu! Tento klidový stav může být podstatnou a až dominantní částí celkové energetické spotřeby, zvláště pokud je výtah používán pouze zřídka. Ale klidový stav nemůže být těžištěm tohoto textu, následujícím těžištěm bude energie potřebná pro pohyb výtahu.

Energetická účinnost v tomto případě znamená, že by vertikální přeprava měla být provedena pokud možno s co nejvyšší účinností.

K nejvyšší úspoře energie může samozřejmě dojít pokud bychom všichni používali schody, místo jízdy výtahem. Mimochodem toto také zlepší fyzickou kondici každého z nás.

Ale samozřejmě, pokud musí být transportováno zboží, je mnohem jednodušší použít technické zařízení, než nošení všeho v rukou.

## 2. Fyzika

Pro vyjasnění, které faktory mají vliv na účinnost výtahového systému, nám postačí jednoduchá fyzika.

Nezbytná síla pro zdvih zátěže při konstantní rychlosti:

$$\text{výkon} = \text{síla} \times \text{rychlost} \quad \text{při} \quad \text{síla} = \text{hmotnost} \times \text{gravitace}$$

$$\Rightarrow \text{výkon} = \text{hmotnost} \times \text{gravitace} \times \text{rychlost}$$

Toto je mechanický výkon, který musí být dán výtahovému systému. Tato hodnota nezahrnuje tření a účinnosti výtahových komponentů.

Pro výpočet vstupního výkonu je nutno kalkulovat s několika účinnostmi ( $\eta$ ):

- účinnost šachty
- účinnost stroje (motor, převod, čerpadlo, atd.)
- účinnost frekvenčního měniče

$$\text{el. výkon} = \frac{\text{mechanický výkon}}{\eta_s \times \eta_{fr.m.}}$$

Příklad:

Trakční výtah s protiváhou vyváženou na 50%

Jmenovitá nosnost Q = 1000 kg

Max. nevyvážení = 1000 kg / 2 = 500 kg (neuvažuje se váha lan)

Jm. rychlost = 1.6 m/s

Zdvih = 30 m

$$P_{\text{mech.}} = \frac{1000 \text{ kg}}{2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7848 \text{ W}$$

$P_{\text{mech.}}$  je mechanický výkon pro zdvih 500 kg při 1.6 m/s bez vlivu účinností hlavních komponent.

Přidáme:

$$\eta_{\text{šachty}} = 85 \%$$

$$\eta_{\text{stroje}} = 80 \%$$

$$\eta_{\text{fr.měníče}} = 95 \%$$

$$P_{\text{el.}} = \frac{\frac{1000 \text{ kg}}{2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.85 \times 0.8 \times 0.95} = 12148.6 \text{ W}$$

Důležité: Požadavek na příkon (vstupní výkon) závisí na zátěži a účinnostech, a nikoliv na jmenovitém výkonu motoru. Proto tedy jm. výkon motoru nemůže být použit pro rozhodování o účinnosti systému!

Stejně jako výkon je také snadné vypočítat nezbytnou energii pro zdvih zátěže pro definovanou vzdálenost.

$$\text{energie} = \text{výkon} \times \text{čas}$$

$$(\text{dopravní})\text{čas} = \frac{\text{dopravní vzdálenost}}{\text{dopravní rychlost}} \quad (\text{předpokládáme konstantní rychlost})$$

Výsledkem je:

$$\text{energie} = \frac{\text{hmotnost} \times \text{gr.síla} \times \text{dopr.rychlost} \times \text{dopr.vzdálenost}}{\text{dopr. rychlost}} = \text{hmotnost} \times \text{gr.síla} \times \text{dopr.vzdálenost}$$

Příklad:

Jízda prázdné kabiny směrem dolů (celková vzdálenost)

$$W_{\text{mech.}}(\text{energie}) = \frac{1000 \text{ kg}}{2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 30 \text{ m} = 147150 \text{ Ws} = 40.875 \text{ Wh}$$

Uvažujeme-li konstantní účinnosti, nezbytná energie pro zvedání hmotnosti není závislá na dopravní rychlosti.

Samozřejmě je také nezbytné započítat všechny účinnosti při výpočtu energetického odběru z napájecí sítě.

Stejně jako výkon, se nezbytná energie pro zdvih zvýší se snižující se účinnostmi.

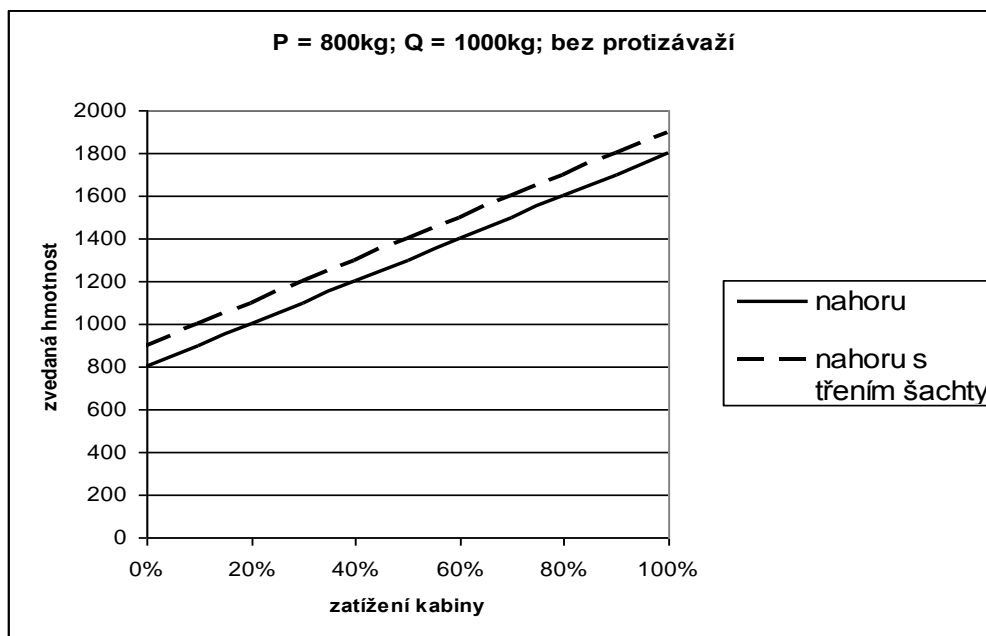
$$W_{\text{el.}} = \frac{W_{\text{mech.}}}{\eta_s \times \eta_s \times \eta_{\text{fr.m.}}} = \frac{40.875 \text{ Wh}}{0.85 \times 0.8 \times 0.95} = 63.274 \text{ Wh}$$

Během zrychlování a zpomalování při každé jízdě, se zvyšuje průměrný výkon, eventuelně nutná energie pro jízdu, právě z důvodu zrychlování a zpomalování. Proto tedy musí být předcházející výpočty opraveny. Hodnota zvýšení závisí na technickém řešení a datech výtahu.

Právě z této závislosti je nyní jasné, že díky nízké úrovni tření v šachtě a vysoké účinnosti na straně motoru a jeho komponentech, může být výkonová a energetická náročnost minimalizována.

### 3. Rozdíl systémů: s nebo bez protizávaží

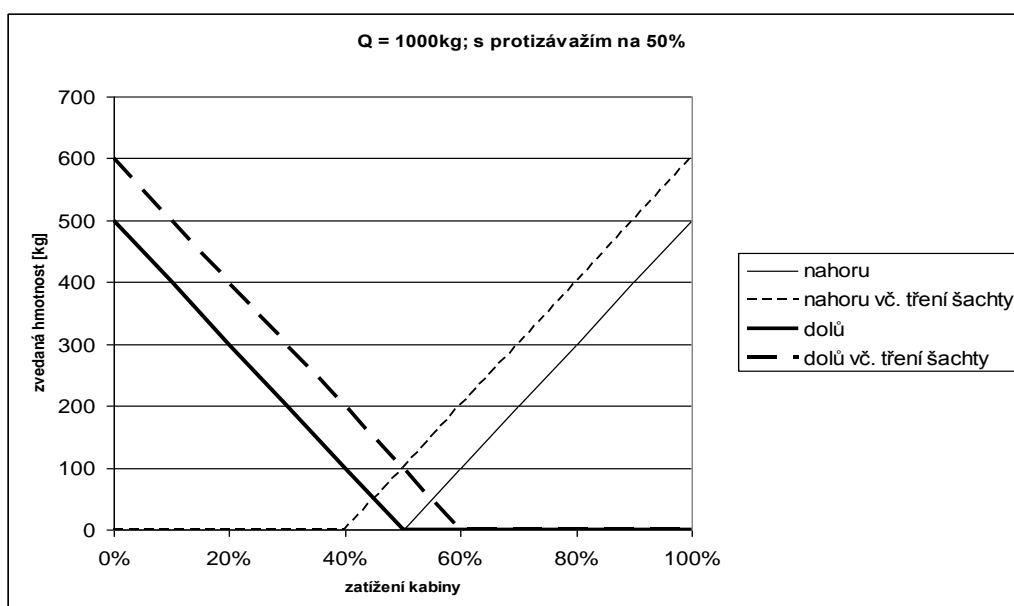
Bez protiváhy potřebujeme energii pouze pro směr jízdy vzhůru. Směr dolů za nás vykoná gravitační síla. Zátěž zvedaná nahoru je nejmenší při prázdné kabině a roste lineárně s přidáváním hmotnosti.



Obr.1: zvedaná hmotnost proti zatížení kabiny u výtahu bez protizávaží

Proto tedy je v tomto případě nejlepší způsob úspory energie mít, pokud možno co nejlehčí kabinu.

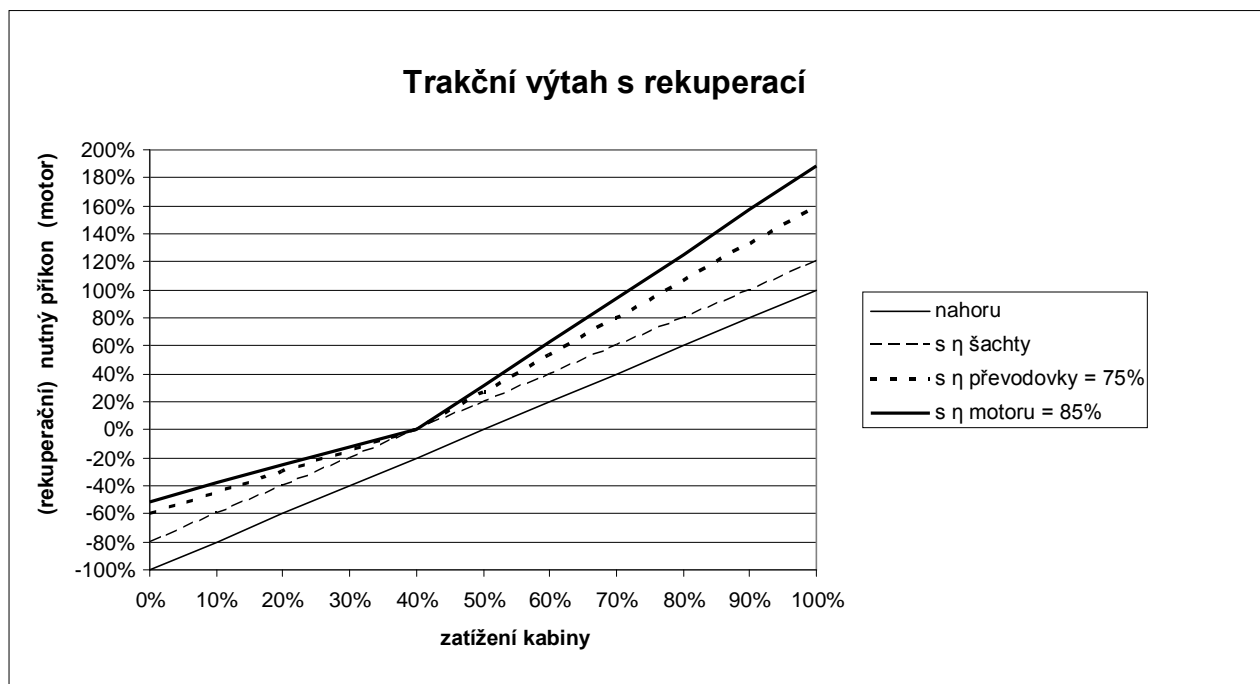
V případě, že výtah má protizávaží, ve většině případů je jmenovité zatížení vyváženo na 50%. Potom je pro výtah nejvyšší zatížení buď s prázdnou nebo plně zatíženou kabinou.



Obr.2: zvedaná hmotnost proti zatížení kabiny pro trakční výtah s protizávažím (bez rekuperace)

Bez tření, je minimální zvedaná hmotnost dosažena při 50% vyvážení, kdy teoreticky nepotřebujeme žádnou energii v obou směrech. V okamžiku, kdy započítáme tření v šachtě, v tomto případě ekvivalentem je 100kg zátěže, křivky jsou posunuty a tedy energii potřebnou pro zdvih potřebujeme od 40% zátěže a více, pro směr nahoru a 60% zátěže a méně, pro směr dolů.

Při započítání účinností převodovky u asynchronního motoru se zvýší nezbytný příkon a regenerační příkon se naopak sníží.



Obr. 3: nutný příkon vs. zatižení kabiny trakčního výtahu (včetně rekuperace energie)

Pro zjednodušení na obr. 3 jsou právě zobrazeny křivky pro jízdu nahoru.

Další spotřeba el. energie je způsobena všemi ostatními instalovanými komponenty, které potřebují pro svou funkčnost elektřinu. Elektromagnetická brzda musí být otevírána, ventily jsou spínány, osvětlení kabiny, pohon dveří, atd. Ale ve většině případů jsou hodnoty relativně malé v porovnání s výkonem pracujícího pohonu.

## 4. Trakční výtah s protizávažím, pohony

### 4.1 Porovnání přepínání rychlostí změnou pólů proti fr. měniči

Typickým provedením výtahového stroje byla po mnoho let kombinace šnekové převodovky s 2 rychlostním pólově přepínatelným asynchronním motorem. Ale jak se elektronika v průběhu posledních asi 20 let zlevnila a stala se dostupnější, se do té doby standardní řešení, začalo nahrazovat o mnoho komfortnějším řešením a to jednotáčkovým motorem v kombinaci s frekvenčním měničem.

Díky optimalizovanému provedení jednotáčkových motorů je účinnost při jmenovitém výkonu zásadně lepší, než je možná s 2 rychlostním motorem.

U pólově přepínatelných motorů je většina ztrát vytvořena při zapínání přímo do sítě a právě při přepínání mezi dvěma rychlostmi, v porovnání s provozem s frekvenčním měničem.

	2 rychlostní pólově přepínatelný motor	1 rychlostní motor s fr. měničem
	asynchronní	asynchronní
	ZU160-4/16	VFD132-4
jmenovitý výkon	7,5 kW	7,5 kW
účinnost při jm. výkonu	75 %	85 %
ztráty při jm. výkonu	100 %	100 %
ztráty při zrychlení (200 % kr. moment)	650 %	265 %
ztráty při zpomalení	300 %	50 %
průměrné ztráty zrychl. & zpomal.	510 %	160 %

Tab. 1: porovnání 2-rychlostního pólově přepínatelného motoru s 1 rychlostním asyn.motorem

Toto porovnání je porovnatelné s hydraulickými výtahy také s frekvenčním měničem pro řízení motoru nebo s motorem zapojeným přímo do sítě a s řízenými ventily k dosažení plynulé jízdní křivky.

V obou případech řízení otáček motoru fr. měničem přináší nejenom zvýšení jízdního komfortu, ale také snižování rozběhových proudů a především snižuje potřebnou energii pro vytvoření jízdy.

Při rekonstrukci starého 2 rychlostního motoru se šnekovou převodovkou jsou dostupné následující možnosti pro snížení energetických požadavků těchto pohonů:

1. Přidat frekvenční měnič k původnímu starému motoru ke snížení ztrát při rozjezdech a zastavování
2. Vyměnit motor za 1 rychlostní k dosažení vyšší účinnosti motoru. Samozřejmě je nutné přidání i frekvenčního měniče.
3. Nový kompletní pohon. Bezpřevodový nebo s převodovkou a s frekvenčním měničem.

Poznámka:

Je nutné podotknout, že samotný fr. měnič spotřebuje poměrnou část energie i v klidovém stavu. Pokud je výtah používán opravdu velice zřídka nemá smysl provádět tyto změny.

## 4.2 Porovnání převodový stroj proti bezpřevodovému

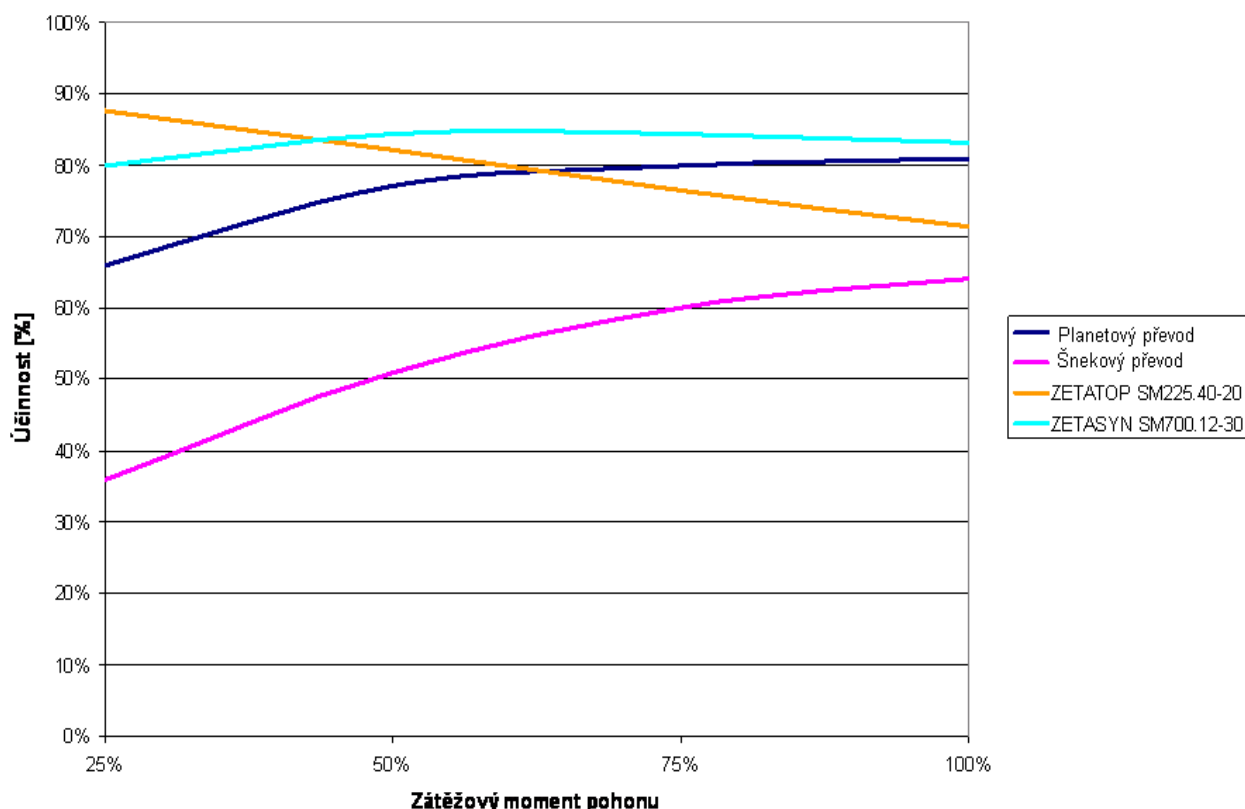
Převodovka nemá konstantní účinnost. Při snižování zátěže se snižuje i její účinnost (více či méně) v závislosti na konstrukci.

Standardní výtahový převod, šnekový převod, má účinnost okolo 60%-85%. Zásadním faktorem ovlivňující účinnost převodovky je převodový poměr. Čím vyšší převodový poměr, tím nižší účinnost. Díky konstrukčním vylepšením převodovek (kvalitnější olejové náplně) může být jejich účinnost zvýšena o pár jednotek procent.

Typický motor používaný v kombinaci s převodovkou, jde o asynchronní motor, má téměř konstantní účinnost v rozsahu 50-100 % jm. zatížení. Pod a nad tímto rozsahem se účinnost snižuje.

Se synchronními motory je toto chování rozdílné. Při zvyšování zátěže (kr. momentu) se zvyšuje i účinnost synchronních bezpřevodových pohonů. Díky tomu jsou synchronní motory obzvláště účinné při částečném zatížení.

Porovnání různých konceptů trakčních výtahových pohonů v závislosti účinnosti na zátěži je zobrazeno v obr. 4.



Obr. 4: křivky účinnosti různých trakčních výtahových pohonů

Převodový pohon může mít lepší účinnost, než bezpřevodový při plném zatížení. Ale v praxi, pro výtah typičtější, je částečné zatížení a v tomto případě je synchronní bezpřevodový pohon výhodnější v porovnání s převodovým asynchronním pohonem.

## 5. VDI4707 – 2009

VDI4707 určuje velikost potřebného výkonu v klidovém stavu (všech komponentů) a tzv. specifickou spotřebu jízdy (účinnost jízdy). A výsledná známka je vypočítána z těchto dvou hodnot v závislosti na použité kategorii.

Co za hodnotu je určeno?

Energetická účinnost jízdy je buď vypočítána nebo změřena. Pro porovnávání různých výtahových systémů je tato hodnota normalizována pro 1 kg jm. zatížení a při 1 m dopravního zdvihu. Díky této normalizaci může být výtah posouzen bez ohledu na jm. nosnost a rychlost.

Definování cyklu:

Musí být proveden kompletní jízdní okruh s různými zátěžemi. Jednotlivé energetické hodnoty jsou posuzovány s ohledem na celkovou zátěž.

Tab. 2: Spektrum zatížení dle VDI4707:

Zatížení v % jmen. zatížení	Množství jízd v %
0 %	50 %
25 %	30 %
50 %	10 %
75 %	10 %
100 %	0 %

Eventuelně může být použit i jednodušší cyklus pro jednu jízdu s prázdnou kabinou. Korekce energetické hodnoty na celkovou zátěž kabiny se pak provádí vynásobením zjištěné hodnoty korekčním faktorem o hodnotě 0,7.

Následně je v daném cyklu vyhodnocena energetická spotřeba pohonu a všech dalších komponentů, které jsou v provozu a spotřebovávají energii.

Proč tento cyklus:

Právě při kompletní jízdě je vliv zrychlení a zpomalení minimalizován. To umožňuje lepší porovnatelnost různých dopravních zdvihů.

Kalkuluje se také s rekuperací energie/záložní energetické systémy jsou brány při jízdě v obou směrech.

Ačkoliv má výtah nepředvídatelný mix zátěžových situací, ve většině případů jezdí kabina prázdná. Pokud jsou obavy s nepřesností výpočtu spotřeby energie, musí být aktuální spotřeba výtahu změřena a prázdná kabina je zdaleka nejjednodušší zátěžová situace k testování.

Důraz při vyhodnocení energetické účinnosti je kladen na účinnost pohonu a mechaniku výtahu (= účinnost šachty).

Možné důvody rozdílů mezi spotřebou energie (předem vypočítanou) a spotřebou energie (naměřenou) mohou být:

- účinnost šachty / kvalita instalace
- vyváženost protizávaží
- účinnost stroje (převodovka teplá/studená, olej teplý/studený, atd.)
- spotřeba el. energie ostatních komponentů



Možný široký rozsah výše uvedených hodnot (např. účinnost převodovky studená/teplá) může být významným a relativně vysoké rozdíly mezi požadovanou spotřebou a skutečnou spotřebou se dají očekávat v některých (věřme, že opravdu pouze v několika málo) případech.

Výhody hodnoty účinnosti pohonu v souladu s VDI4707:

- výtahy o různých nosnostech, rychlostech, počtu jízd mohou být přímo porovnány díky jejich účinnosti
- relativně jednoduché měření, pokud je vhodné měřící zařízení, jako je provedení referenční jízdy a to typicky pouze s prázdnou kabinou
- všechny výtahové systémy mohou být porovnány

Nevýhody hodnoty účinnosti pohonu v souladu s VDI4707:

- vzhledem k jízdě pouze s prázdnou kabinou, se posuzují hydraulické výtahy právě při jejich nižších výkonech oproti trakčním výtahům ve stejném okamžiku při největší zátěži.
- skutečný zátěžový mix není započítán. Toto je nevýhodou pro všechny synchronní bezpřevodové pohony, které jsou právě nejvíce účinné při částečném zatížení kabiny.
- hodnota účinnosti nemůže být přímo použita k určení elektrické spotřeby za nějakou časovou periodu (ale je téměř nemožné určit seriózně energetickou spotřebu; takže se nejedná a skutečnou nevýhodu).

Následující příklad výpočtu by měl snadno objasnit, jak spočítat energetické požadavky, které byly probrány na teoretické úrovni výše.

[mWh / m kg]	≤ 0,56	≤ 0,84	≤ 1,26	≤ 1,89	≤ 2,8	≤ 4,2	> 4,2
Třída účinnosti	A	B	C	D	E	F	G

Tab. 3: Klasifikace energetické účinnosti v souladu s VDI4707

### Příklad: Trakční výtah s protizávažím vyváženým na 50%

#### a) bez rekuperace energie

Data výtahu:

jm. nosnost	$Q = 1000 \text{ kg}$
rychlost	$v = 1.6 \text{ m/s}$
zdvih	$H = 30 \text{ m}$
účinnost šachty	$\eta_{\text{šachty}} = 85 \%$
účinnost stroje	$\eta_{\text{pohonu}} = 80 \%$
účinnost měniče	$\eta_{\text{měniče}} = 95 \%$

Účinnosti stroje a měniče by měly být spočítány nebo změřeny výrobcem s velmi dobrou přesností.

Více náročný je způsob jak specifikovat účinnost šachty. Nejvíce závisí na konstrukci, použitých komponentech a samozřejmě na montáži. Z našich zkušeností vyplývá, že se účinnost šachty pohybuje v rozmezí 60% až 95%.

Prosím uvažujte s následujícím:

- nízký tlak na vodítka vede k nízkému tření
- u samonosné konstrukce použijte buď centrální zavěšení kabiny nebo speciální vodítka s nízkým třením nebo kluzné vodiče klece
- srovnajte navzájem vodítka k prevenci zadření kabiny nebo protizávaží

Pokud jsou všechny tyto faktory zohledněny, účinnost šachty by se měla pohybovat od 85% výše. Každá přidaná kladka s předpokládanou účinností 99% musí být odečtena od základní hodnoty.

Všechny další komponenty používající el. energii musí být kalkulovány. Uvažujme spotřebu energie 400 W během jízdy (hlavní komponenty: osvětlení kabiny, brzda pohonu).

Výkon při konstantní jízdě, směrem dolů, s prázdnou kabinou:

$$P_{el.} = \frac{\frac{1000 \text{ kg}}{2} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.85 \times 0.8 \times 0.95} = 12148.6 \text{ W}$$

Doba jízdy při konstantní rychlosti:

$$t_{jízdy} = \frac{\text{dopravní vzdálenost}}{\text{dopravní rychlost}} = \frac{30 \text{ m}}{1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 18.75 \text{ s}$$

Pokud přesně neznáme další energii pro zrychlování a zpomalování je možné tuto energii do výpočtu zahrnout několika způsoby.

V tomto případě bude upravena doba jízdy pro zrychlení a pro zpomalení přidáním 2 sekund k době jízdy.

$$t_{jízdy\_upravena} = t_{jízdy} + 2 \text{ s} = 20.75 \text{ s}$$

V závislosti na dopravní rychlosti a dalších parametrech, jako je setrvačnost a typ stroje, je další spotřeba energie díky zrychlování a zpomalování proměnná. Proto tedy může být časová korekce adekvátně upravována.

Zdvihací zařízení bude spotřebovávat energii pouze při jízdě směrem dolů:

$$W_{smer\_dolu} = P_{el.} \times t_{jízdy\_upravena} = 12148.6 \text{ W} \times 20.75 \text{ s} = 252083 \text{ Ws}$$

Další komponenty jako je brzda, osvětlení kabiny atd. musí být zahrnuty do výpočtu. V tomto příkladu může být připočítáno dalších 400W.

Celkový čas referenčního cyklu:

$$t_{cyklu} = 2 \times (t_{jízdy} + \text{doba dveřv}) = 2 \times (18.75 + 5) \text{ s} = 47.5 \text{ s}$$

$$W_{další\_komponenty} = P_{další\_komponenty} \times t_{cyklu} = 400 \text{ W} \times 47.5 \text{ s} = 19000 \text{ Ws}$$

$$W_{celkem} = W_{smer\_dolu} + W_{dalši\_komponenty} = 252083 \text{ Ws} + 19000 \text{ Ws} = 271083 \text{ Ws} = 75.3 \text{ Wh}$$

Nyní  $W_{celkem}$  musí být normalizováno na 1 m jízdy a 1 kg nosnosti, abychom získali hodnotu účinnosti v souladu s VDI4707:

$$VDI4707 \text{ jízdní\_požadavek} = \frac{0.7 \times W_{celkem}}{Q \times (2 \times H)} = \frac{0.7 \times 75.3 \text{ Wh}}{1000 \text{ kg} \times (2 \times 30 \text{ m})} = 0.8785 \text{ mWh/m kg}$$

**S touto hodnotou je výtahový pohon v třídě účinnosti C.**

#### b) s rekuperací energie

Zatímco účinnost šachty, motoru a měniče v režimu motoru zodpovídá za nárůst spotřeby energie, v režimu generátoru spotřeba energie klesá.

Při výpočtu maximální možné hodnoty obnoveného výkonu/energie je nutné vynásobit mechanický výkon/energii účinnostmi.

$$P_{el.rekuperace} = \frac{1000 \text{ kg}}{2} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 1.6 \text{ m/s} \times 0.85 \times 0.8 \times 0.95 = 5069.8 \text{ W}$$

Zrychlování a zpomalování způsobuje nejvyšší spotřebu el. energie motoru, ale v režimu generátoru snižují obnovu energie. Od doby jízdy je tedy nutné odečíst 2 sekundy.

$$W_{rekuperace} = P_{el.rekuperace} \times t_{jízdy\_rekuperace} = 5069.8 \text{ W} \times 16.75 \text{ s} = 84919 \text{ Ws} = 23.59 \text{ Wh}$$

S rekuperací energie je  $W_{celkem}$  sníženo o  $W_{rekuperace}$

$$W_{celkem\_rekuperace} = W_{doř} - W_{rekuperace} + W_{dalši\_komponenty} = 186164 \text{ Ws} = 51.71 \text{ Wh}$$

Normalizováno v souladu s VDI4707:

$$VDI4707 \text{ jízdní\_požadavek (rekuperace)} = \frac{0.7 \times W_{celkem\_rekuperace}}{Q \times (2 \times H)} = \frac{0.7 \times 51.71 \text{ Wh}}{1000 \text{ kg} \times (2 \times 30 \text{ m})} = 0.603 \text{ mWh/m kg}$$

**S touto hodnotou je výtahový pohon v třídě účinnosti C.**

Je zřejmé, že s rekuperací energie mohou být jízdní požadavky signifikantně sníženy, v tomto případě přibližně o 1/3. V důsledku existujících ztrát, je téměř nemožné obnovit velké množství energie. Jen při velmi výhodných podmínkách může být obnoveno až 50 % energie motoru.

Ale mějte na paměti:

1. Čím nižší je účinnost celkové instalace, tím méně energie může být obnoveno. U většiny převodových strojů (šneková převodovka) a dokonce i bezpřevodových strojů, které mohou mít nízkou účinnost, nemá použití systému s rekuperací energie smysl.

2. Rekuperace je smysluplná u instalací s vysokým výkonem. Malé výtahy obvykle negenerují dostatek energie k pokrytí vynaložených nákladů vydaných na rekuperační systém.
3. Buďte si jistí, zda rekuperační systém v klidovém režimu nespotřebovává více energie, než je možné získat rekuperací.

Díky tomuto standardu mohou být pomocí účinnosti porovnávány i výtahy s různým jm. zatížením a rychlostmi. Při hodnocení aktuální spotřeby energie a nákladů je opět nutné uvažovat určité časové období, zátěž, rychlost, jízdu a využití.

#### Optimalizace v souladu s VDI4707:

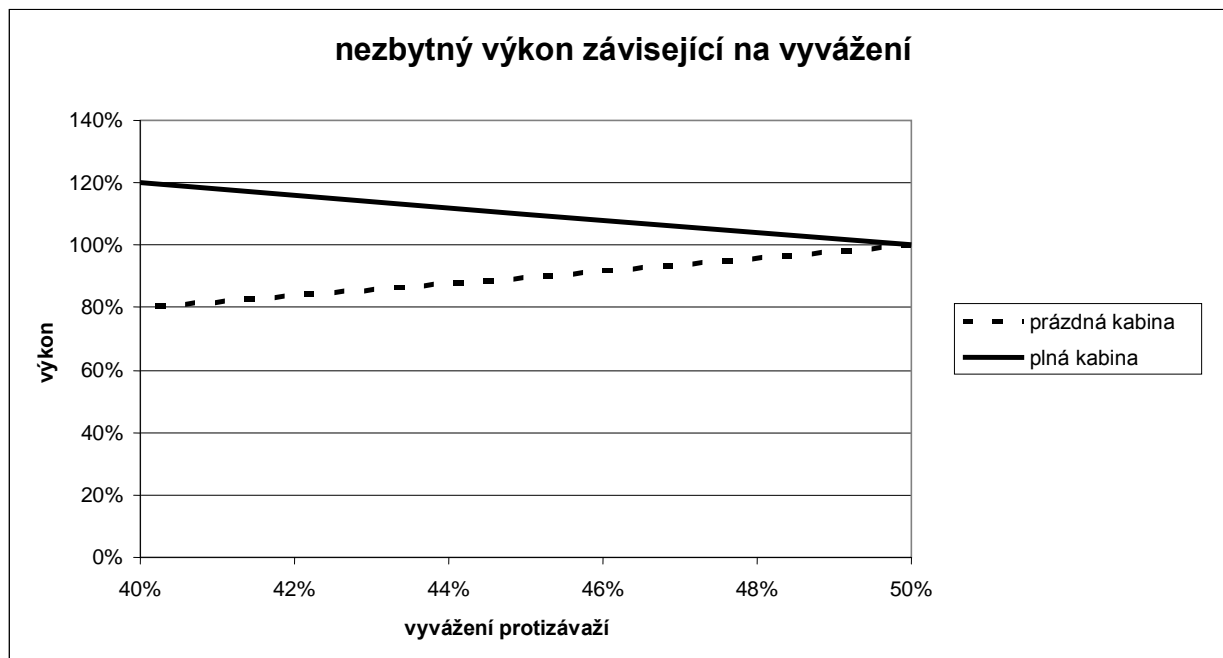
#### **Výtahy bez protizávaží a bez kompenzačního závaží:**

Jelikož musí být určeny energetické požadavky pro jízdu s prázdnou kabinou, váha kabiny by měla být tedy co nejnižší. To je jediný způsob k dosažení hodnoty účinnosti srovnatelnou s výtahy s protizávažím.

#### **Výtah s protizávažím:**

Ke snížení energetických požadavků s prázdnou kabinou, může být protizávaží sníženo na 45 % nebo dokonce na 40 %. V okamžiku, kdy požadavky na energii snižujeme pro prázdnou kabinu, tak se zvyšují pro plnou kabinu, proto nákladní výtahy musí být navrženy pro tyto případy.

Vzhledem k tomu, že ve většině případů je zatížení kabiny nižší než 50 %, spotřeba energie může být během standardního provozu snížena právě menší hmotností protizávaží.



Obr. 5: nezbytný výkon k redukci vyvážení, prázdná a plně zatížená kabina

## 6. Obecně

O celkové spotřebě energie nerozhoduje pouze výběr výtahového systému nebo co za pohon by mělo být použito. Velice důležitým krokem je již samotný návrh.

- Návrh vhodné velikosti výtahu. Malý výtah vždy spotřebuje méně energie než velký.
- Snížení jm. nosnosti výtahu, pokud je to možné.  
Příklad: velkoprostorové výtahy v nákupních střediscích. Kolem 10m<sup>2</sup> plochy kabiny = 5625 kg nosnost (v souladu s EN81) , ale zátěž nikdy nebude vyšší než 3500 kg, možná by nosnost pouze 2500 kg byla v těchto případech dostačující.
- Pokud je výtah navržen v blízkosti schodiště, právě schodiště bude častěji využíváno.
- Výběr vhodného konceptu výtahu/pohonu. Velké výtahy mohou být více účinné pokud jsou hydraulické bez protizávaží (pokud je zde dostatečně lehká kabina)
- Pokud je výtah provozován pouze zřídka, pak je účinnost výtahového systému minoritní částí, protože majoritní část spotřebované energie bude ztracena v klidovém stavu.

Vždy se ale dívejme na kompletní systém:

Více použitých kladek např. pro vyšší lanování, znamená menší účinnost šachty. A co účinnost stroje při různých zavěšeních? Níže je porovnání několika typických příkladů s převodovým strojem (šneková převodovka) a bezpřevodového stroje:

lanování	1 : 1	2 : 1	1 : 1	2 : 1	1 : 1	2 : 1	1 : 1	2 : 1
typ pohonu	převodový	převodový	převodový	převodový	bezpřevodový	bezpřevodový	bezpřevodový	bezpřevodový
převodový poměr	39:1	37:2	39:1	41:2	1:1	1:1	1:1	1:1
kr. moment [Nm]	1050	520	2200	1000	1120	500	380	180
účinnost převodovky	72 %	81%	74 %	80 %	100 %	100 %	100 %	100 %
účinnost motoru	85 %	85%	85 %	85 %	73 %	84 %	75 %	79 %
účinnost šachty	85 %	85%	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %
Kladky	1	3	1	3	0	3	0	3
účinnost kladek	98 %	94,1 %	98 %	94,1 %	100%	94,1%	100 %	94,1 %
<b>Celková účinnost</b>	<b>51,0 %</b>	<b>55,1 %</b>	<b>52,4 %</b>	<b>54,4 %</b>	<b>62,1 %</b>	<b>67,2 %</b>	<b>63,8 %</b>	<b>63,2 %</b>

Tab. 4: Porovnání zavěšení 1:1 a 2:1

Ve 3 ze 4 příkladů je celková účinnost vyšší v lanování 2:1. Takže může stát za úvahu akceptovat více kladek, které budou kompenzovány o mnoho lepší účinností pohonu.

Stejně jako chytrý návrh, tak i údržba má vliv na energetickou spotřebu. Vždy si buďte jistí, že kabina (i protizávaží) jezdí hladce.

## **7. Závěr:**

Díky neustálému vývoji v posledních letech byla snížena spotřeba el. energie výtahů. Každý moderní pohon, pečlivě navrhnutý, je nejvíce efektivním krokem k získání účinného výtahového systému a zde není mnoho více možností vylepšení pro budoucnost.

Ale jsou zde stále stovky tisíc starých výtahů, které čekají na modernizaci.

Se zvyšujícím se elektronickým vybavením se zvyšují i nároky na spotřebu el. energie, převážně v klidovém stavu. Potenciál úspory el. energie v klidovém stavu je mnohem vyšší a v mnoha případech realizace této úspory i mnohem jednodušší.

Vypracovali: Uli Vetter, Ziehl-Abegg AG, Kuenzelsau, Německo  
Tomáš Říha, Ziehl-Abegg s.r.o., Brno, Česká republika

Použity materiály firmy Ziehl-Abegg AG.