

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 jízdni 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 nenižších 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 vodička vede k nízkému tření
- u samonosné konstrukce použijte buď centrální zavěšení kabiny nebo speciální vodička s nízkým třením nebo kluzné vodiče klece
- srovnajte navzájem vodička 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:

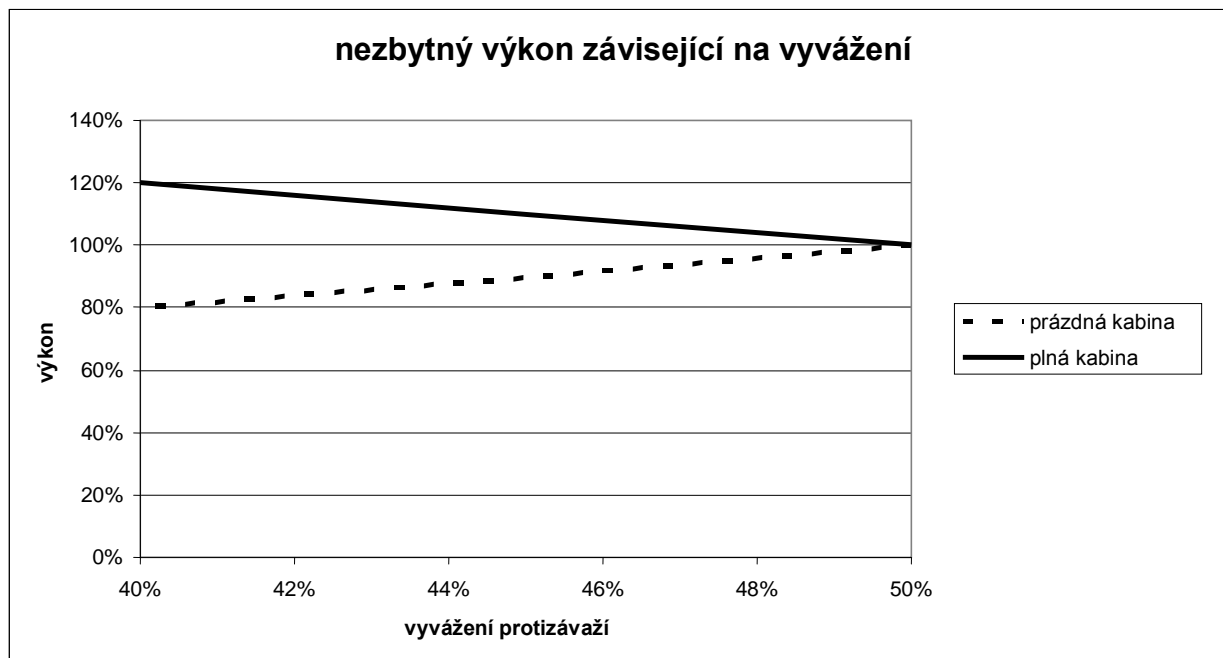
Výtahy bez protizávaží a bez kompenzačního závaží:

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