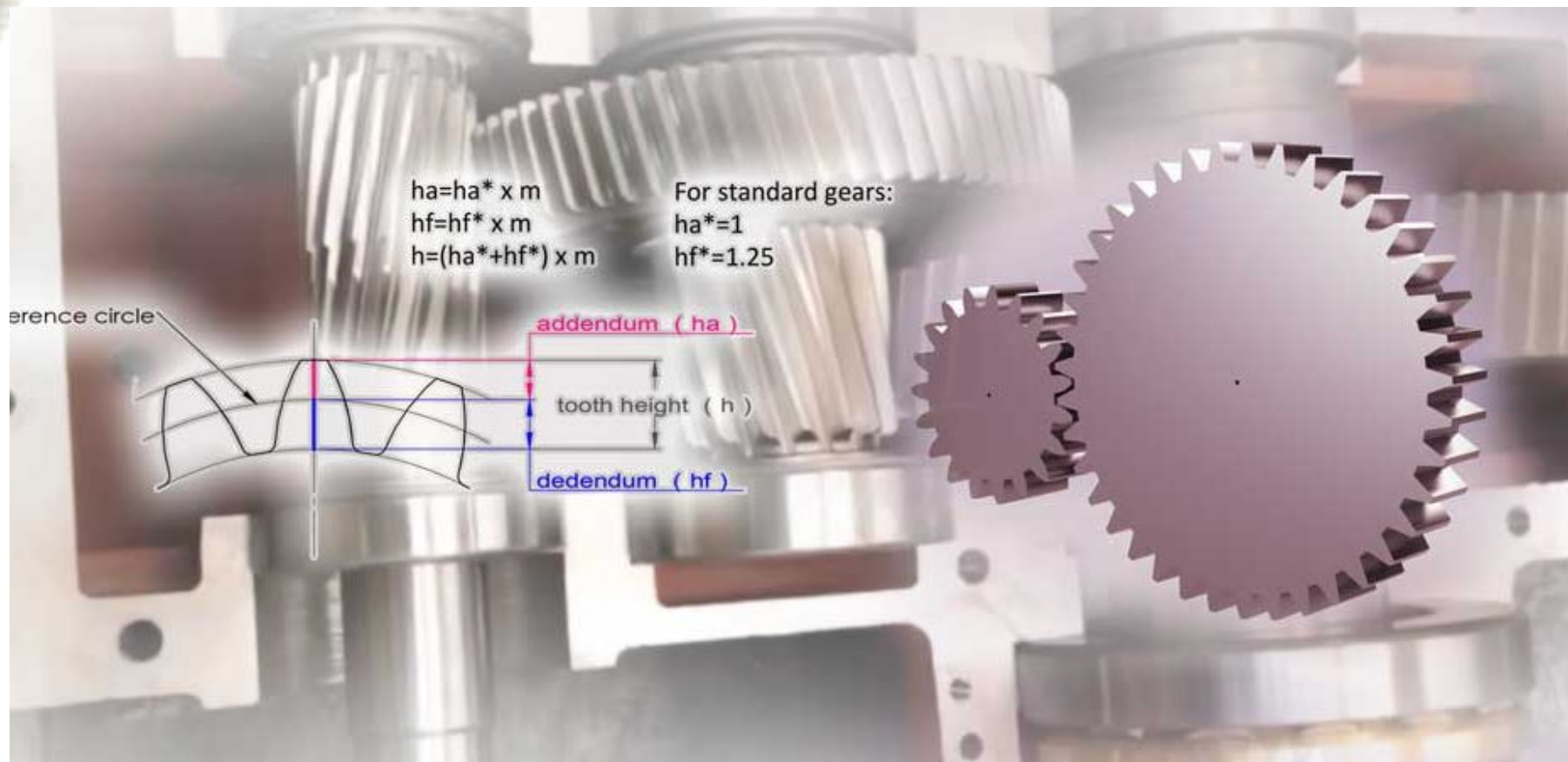


# Прорачун редуктора



У оквиру прорачуна редуктора треба разликовати две врсте прорачуна:

- прорачун који спроводе пројектанти машина и постројења, тј. они који уграђују редукторе и
- прорачун који спроводе конструктори редуктора.

## Прорачун који спроводе пројектанти који уграђују редукторе

Пројектанти који "уграђују" редукторе, у зависности од карактеристика радне и погонске машине, практично врше избор врсте и величине редуктора, из каталога произвођача редуктора, при чему израчунавају:

- потребан преносни однос редуктора ( $i$ ),
- потребан обртни момент за погон радне машине ( $T_2$ ),
- потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ ),
- потребна снага мотора,
- погонски фактор ( $f_B$ ).

## Потребан преносни однос редуктора ( $i$ )

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

где је:

$n_1$  - улазни број обртаја, тј. број обртаја електромотора, у  $\text{min}^{-1}$

$n_2$  - излазни број обртаја, тј. број обртаја радне машине, у  $\text{min}^{-1}$

## Потребан обртни момент за погон радне машине ( $T_2$ )

$$T_2 = \frac{P_2 \text{ (W)}}{\omega_2} = 9550 \frac{P_2 \text{ (kW)}}{n_2}$$

где је:

$P_2$  - потребна снага за погон радне машине, у првом случају у

W, а у другом у kW,

$\omega_2$  - угаона брзина радне машине у  $s^{-1}$ ,

$n_2$  - број обртаја радне машине у  $min^{-1}$ .

## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

- Потребна снага за погон радне машине одређује се у зависности од врсте радне машине тј. отпора који се јављају при њеном раду и потребне брзине радних органа, док се снага на улазу ( $P_1$ ), на основу које се после одређује потребна снага мотора, одређује на основу потребне снаге за погон радне машине и степена искоришћења редуктора.

## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

- при подизању (вертикалном померању) терета

$$P_1 = \frac{Gv}{1000 \eta} = \frac{mgv}{1000 \eta}$$

где је:

$G$  - тежина терета у N,

$v$  - брзина подизања терета у m/s,

$m$  - маса терета у kg,

$g$  - убрзање земљине теже  $g = 9,81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$ ,

$\eta$  - степен искоришћења редуктора. Код зупчастих редуктора

може се рачунати са губицима од 2 % по зупчастом пару.

## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

- при хоризонталном померању терета

$$P_1 = \frac{F_\mu v}{1000 \eta} = \frac{mg\mu v}{1000 \eta}$$

где је:

$F_\mu$  - сила трења у N,

$v$  - брзина померања у m/s,

$\mu$  - коефицијент трења,

$m$  - маса у kg,

$g$  - убрзање земљине теже,

$\eta$  - степен искоришћења редуктора.



## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

■ при обртању

$$P_1 = \frac{T n}{9550 \eta} = \frac{T \omega}{1000 \eta}$$

где је:

$T$  - обртни момент који треба савладати у Nm,

$\omega$  - угаона брзина у  $s^{-1}$ ,

$n$  - број обртаја у  $min^{-1}$ ,

$\eta$  - степен искоришћења редуктора.

## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

■ при погону вентилатора

$$P_1 = \frac{V p}{1000 \eta}$$

где је:

$V$  - проток ваздуха у  $\text{m}^3/\text{s}$ ,

$p$  - притисак у  $\text{N}/\text{m}^2$ ,

$\eta$  - степен искоришћења редуктора.

## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

■ при погону пумпе

$$P_1 = \frac{V p}{1000 \eta}$$

где је:

$V$  - проток воде у  $m^3/s$ ,

$p$  - притисак у  $N/m^2$ ,

$\eta$  - степен искоришћења редуктора.

## Потребна снага на улазу у редуктор ( $P_1$ )

■ при погону конвејера

$$P_1 = \frac{mgv}{1000} \cdot \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\eta}$$

где је:

$m$  - маса која се подиже у kg,

$g$  - убрзање земљине теже,

$\alpha$  - угао успона,  $v$  - брзина у m/s,

$\mu$  - коефицијент трења,

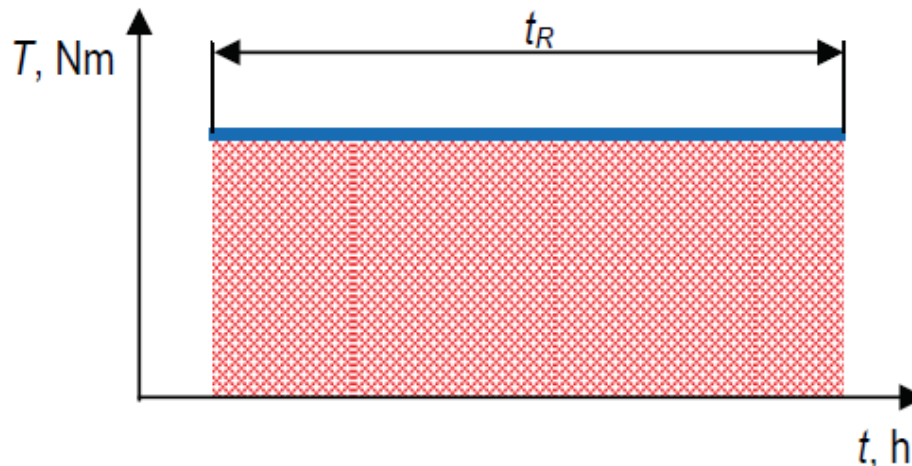
$\eta$  - степен искоришћења редуктора.

## Потребна снага мотора

- Потребна снага мотора се усваја у зависности од режима рада радне машине, тј. режима рада моторног редуктора. У зависности од дужине трајања погона и дужине пауза, као и учесталости прекида погона, према стандарду IEC 60034-1, постоје следећи режими рада:

## Потребна снага мотора

- режим рада S1 - непрекидан рад. Ако ништа није речено о условима рада, онда се снага дефинише за непрекидан рад са истим оптерећењем

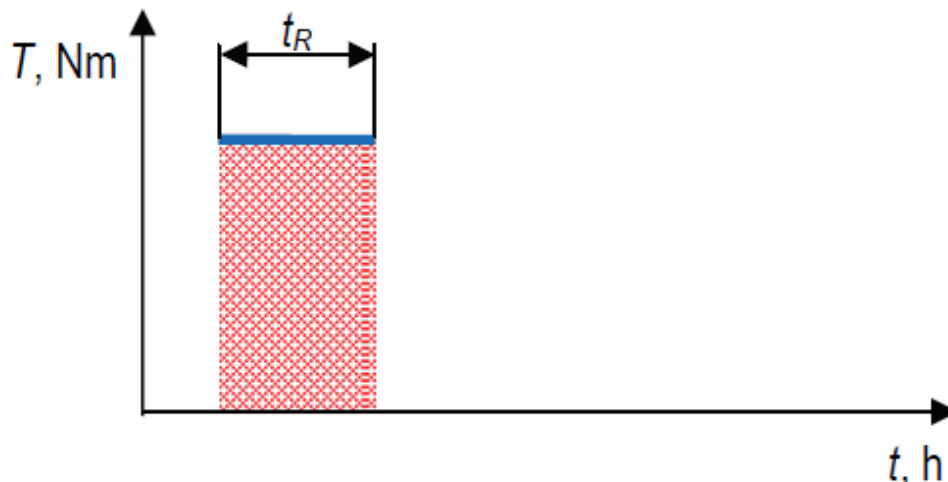


$t_R$  – време рада са конст. оптерећењем

## Потребна снага мотора

Режими рада код којих покретање и кочење мотора не утичу на прегревање статора:

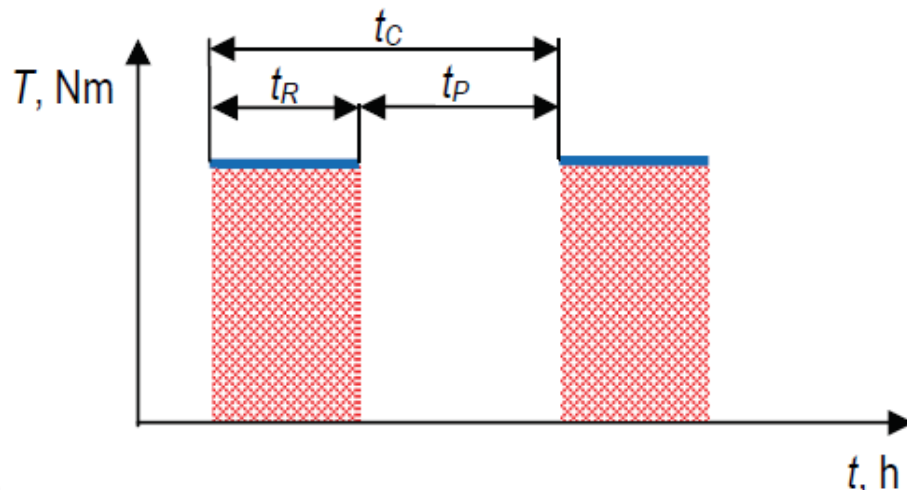
■ режим рада S2 - краткотрајан рад. После кратког трајања погона, мотор се више не покреће све до потпуног хлађења намотаја. Препоручен период рада је 10, 30, 60 и 90 минута



$t_R$  – време рада са конст. оптерећењем

## Потребна снага мотора

- режим рада S3 - наизменично периодичан рад. Трајање радног циклуса је око 10 минута. Препоручује се да оптерећеност унутар једног радног циклуса износи 15%, 25%, 40% и 60%



$t_R$  – време рада са конст. оптерећењем

$t_P$  – време прекида рада

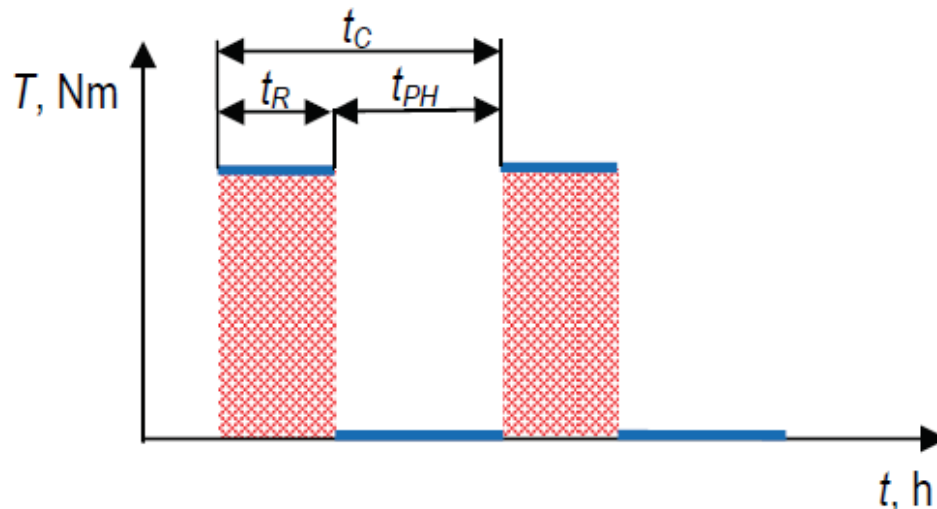
$t_c$  – време циклуса

$$\text{оптерећеност једног циклуса} = \frac{t_B}{t_B + t_{St}} \cdot 100\%$$



## Потребна снага мотора

■ режим рада S6 – непрекидан рад са наизменичним оптерећењима. И овде трајање радног циклуса износи око 10 минута, а препоручује се 15%, 25%, 40% и 60% оптерећености унутар једног радног циклуса



$t_R$  – време рада са конст. оптерећењем

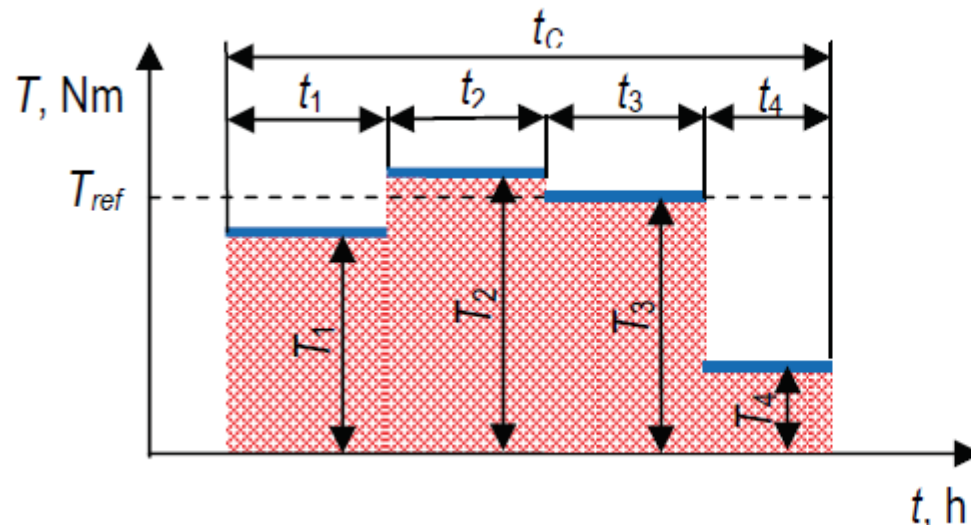
$t_{PH}$  – време празног хода

$t_C$  – време циклуса

оптерећеност једног циклуса  $= \frac{t_R}{t_C}$

## Потребна снага мотора

- режим рада S10 - рад са дискретно променљивим оптерећењима. У овом режиму рада могу се јавити највише четири оптерећења. За режим рада треба да буде изабран непрекидан рад са истим оптерећењем, као и у режиму рада S1

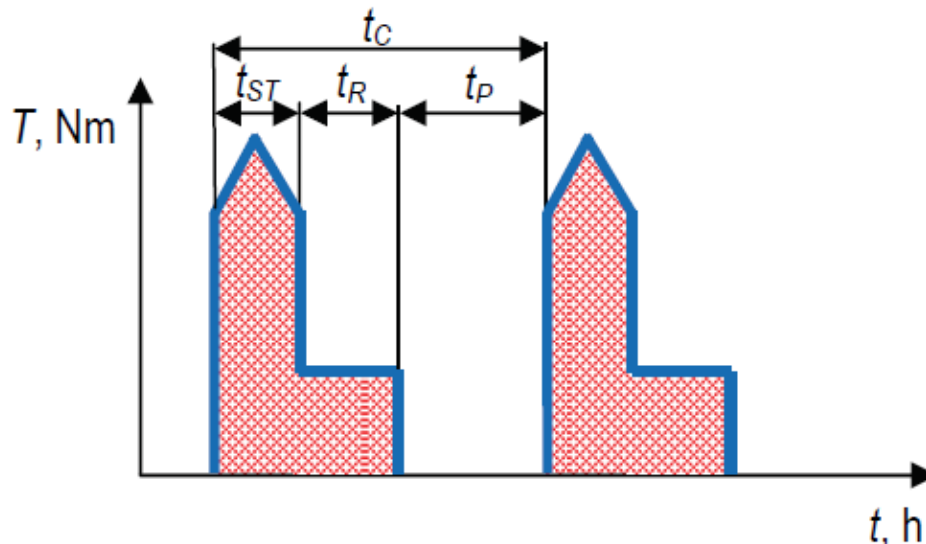


$T_i$  – константно оптерећење унутар једног циклуса  
 $T_{ref}$  – референтно оптерећење  
 $t_c$  – време циклуса

## Потребна снага мотора

Режими рада код којих покретање и кочење мотора утичу на прегревање намотаја статора:

- режим рада S4 – наизменичан рад при чему укључивање утиче на пораст температуре. Трајање радног циклуса износи око 10 минута

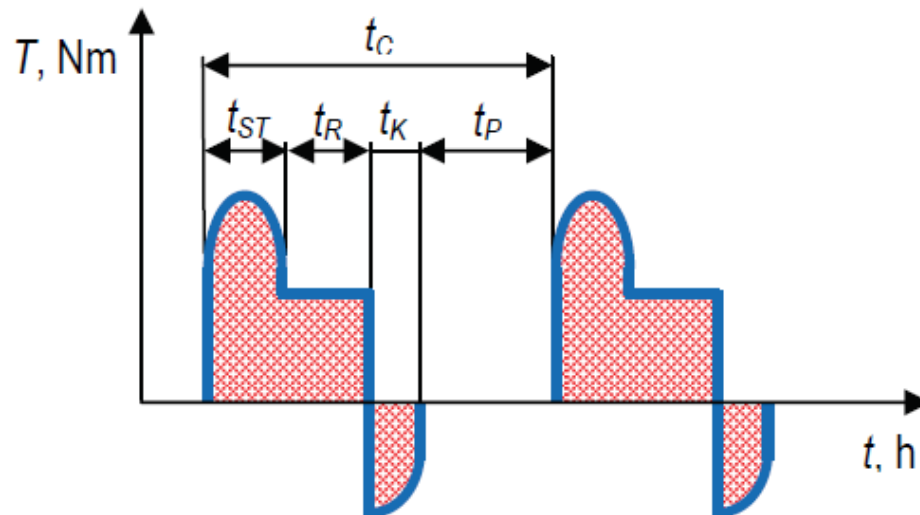


$t_{ST}$  – време покретања  
 $t_R$  – време рада са конст. оптерећењем  
 $t_P$  – време прекида рада  
 $t_C$  – време циклуса

$$\text{оптер. једног циклуса} = \frac{t_{ST} + t_R}{t_{ST} + t_R + t_P} \cdot 100\%$$

## Потребна снага мотора

- режим рада S5 - наизменичан рад при чему укључивање и кочење утичу на пораст температуре. Трајање радног циклуса такође износи око 10 минута, а препоручује се 15%, 25%, 40% и 60% оптерећености унутар једног радног циклуса



$t_{ST}$  – време покретања

$t_R$  – време рада са конст. оптерећењем

$t_K$  – време кочења мотора

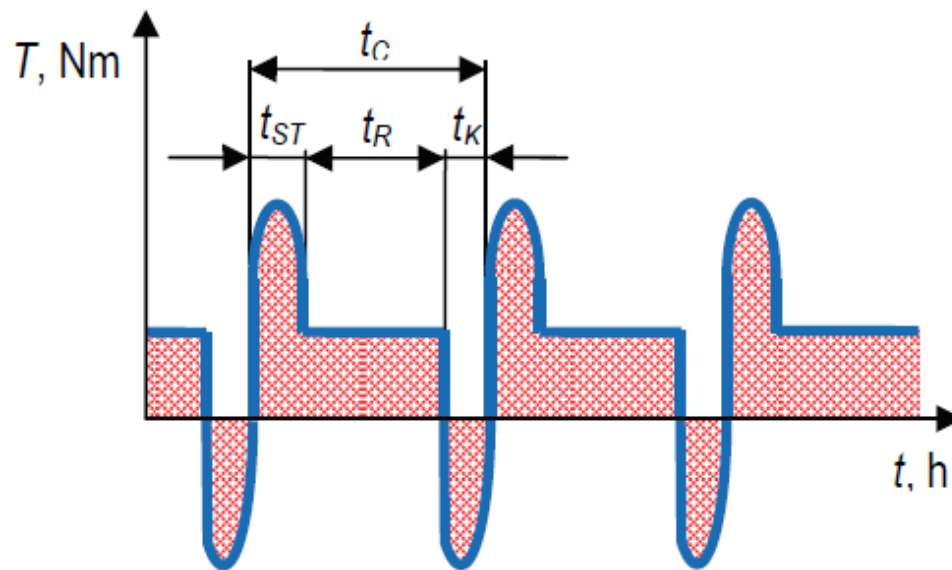
$t_P$  – време прекида рада

$t_C$  – време циклуса

$$\text{оптерећеност једног циклуса} = \frac{t_{ST} + t_R + t_K}{t_C}$$

## Потребна снага мотора

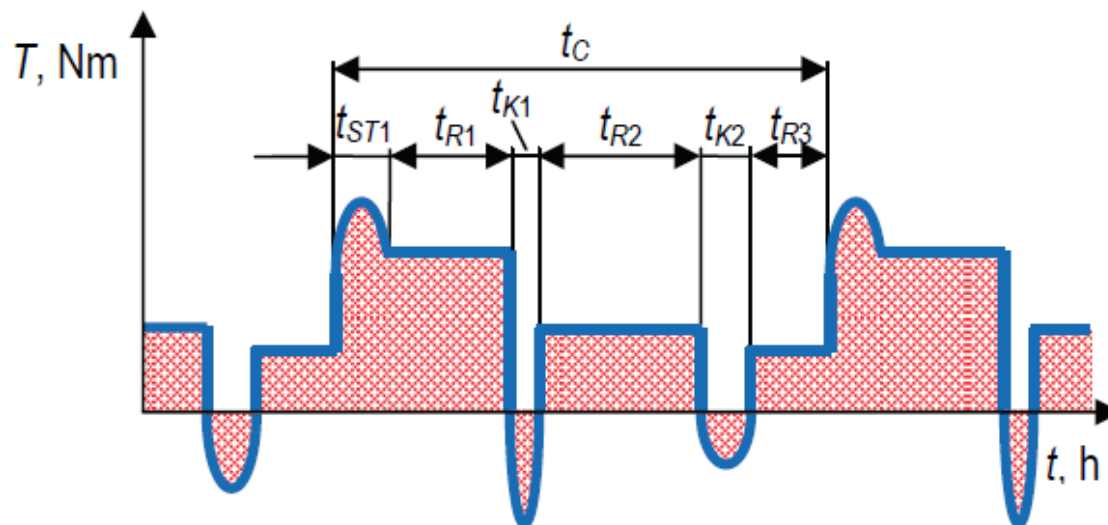
- режим рада S7 – непрекидан рад са периодичним укључивањем и искључивањем. Трајање радног циклуса такође износи око 10 минута, а препоручује се 15%, 25%, 40% и 60% оптерећености унутар једног радног циклуса



- $t_{ST}$  – време покретања
- $t_R$  – време рада са конст. оптерећењем
- $t_K$  – време кочења
- $t_C$  – време циклуса
- оптерећеност једног циклуса = 1

## Потребна снага мотора

■ режим рада S8 – непрекидан рад са непериодичним трајањем рада и променом брзина. Режим рада представља комбинацију свих раније набројаних радних услова. Сви радни услови се морају тачно дефинисати како би се тачно одабрао одговарајући електромотор



$t_{ST}$  – време покретања

$t_{Ri}$  – време рада са константним оптерећењем ( $T_1, T_2, T_3$ )

$t_k$  – време кочења мотора ( $K_1, K_2$ )

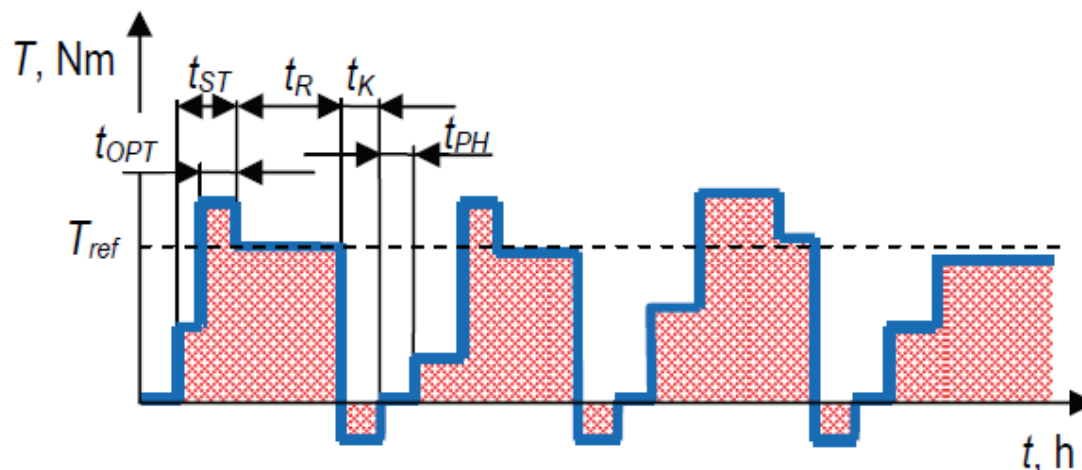
$t_C$  – време циклуса

оптерећеност једног циклуса =

$$= \frac{t_{ST} + t_{R1}}{t_C} \cdot \frac{t_{K1} + t_{R2}}{t_C} \cdot \frac{t_{K2} + t_{R3}}{t_C}$$

## Потребна снага мотора

■ режим рада S9 – непрекидан рад са непериодичним трајањем рада и променом брзина. Режим рада је комбинација свих до сада набројаних радних услова. Сви радни услови морају се тачно дефинисати како би се тачно одабрао одговарајући електромотор



$t_{ST}$  – време покретања  
 $t_R$  – време рада са конст. оптерећењем  
 $t_K$  – време кочења мотора  
 $t_{PH}$  – време празног хода  
 $t_{OPT}$  – време рада са преоптерећењем

## Потребна снага мотора

- Ова подела извршена је са становишта загревања мотора. Међутим, у зависности од величине редуктора и величине мотора, као и од утицаја спољашње температуре, топлотни капацитет може бити одлучујући за избор редуктора и при режимима рада који не могу прегрејати мотор (режими S1, S2, S3, S6 и S10).



## Потребна снага мотора

- При неравномерном погону, према препорукама произвођача мотора, уводи се фактор повећања снаге  $k_{DC}$  којим се множи снага мотора при непрекидном раду  $S_1$ , тако да се добија препоручена снага мотора за неки други режим рада:

$$P_{Si} = P_{S1} \cdot k_{DC}$$

## Потребна снага мотора

где је:

$P_{Si}$  - препоручена снага мотора за неки други режим рада ( $S_2, S_3, \dots$ ),

$P_{S1}$  - препоручена снага мотора за непрекидан режим рада  $S_1$  (снаге које се дају у табелама електромотора, односе се за непрекидан рад при положају електромотора до 1000 m надморске висине и за температуру околине до 40°C),

$k_{DC}$  - фактор повећања снаге

## Потребна снага мотора

Фактор повећања снаге  $k_{DC}$  за различите режиме рада (IEC 60034-1)

| Режим рада    | Опис рада  | Неопходан податак  |   | $k_{DC}$ |
|---------------|--|--|---|----------|
| S1            | Непрекидан рад са 100% оптерећености циклуса           | -  |   | 1,0      |
| S2            | Константно оптерећење у краћем периоду                 | Трајање оптерећења   | 60 min  | 1,10     |
|               |  |  | 30 min  | 1,20     |
|               |  |  | 10 min  | 1,40     |
| S3            | Наизменичан рад  | Оптерећеност циклуса (циклус се рачуна у трајању од 10 min)  | 60%   | 1,10     |
|               |  |  | 40%   | 1,15     |
|               |  |  | 25%   | 1,30     |
|               |  |  | 15%   | 1,40     |
| S4 ...<br>S10 | Наизменичан рад при чему стартовање утиче на загревање | Оптерећеност циклуса у %, број укључења на сат, величина оптерећења, момент инерције, начин кочења | Овај податак дефинишу произвођачи мотора на посебан захтев купаца |          |

## Потребна снага мотора

- За ниске температуре би требало контактирати произвођача, док се при раду на вишим температурама и већим надморским висинама уводи корекциони фактор  $k_{HT}$  којим се множи снага очитана у каталогу:

$$P_{doz} = P_{kat} k_{HT}$$

где је:

$P_{doz}$  - дозвољена снага мотора,

$P_{kat}$  - снага мотора очитана у каталогу,

$k_{HT}$  - фактор утицаја температуре и надморске висине

## Потребна снага мотора

Фактор утицаја температуре расхладног флуида и надморске висине  $k_{HT}$   
(IEC 60034-1)

| Надморска<br>висина, m | Температура околине, °C |         |      |      |      |      |
|------------------------|-------------------------|---------|------|------|------|------|
|                        | < 30                    | 30...40 | 45   | 50   | 55   | 60   |
| 1000                   | 1,07                    | 1,00    | 0,96 | 0,92 | 0,87 | 0,82 |
| 1500                   | 1,04                    | 0,97    | 0,93 | 0,89 | 0,84 | 0,79 |
| 2000                   | 1,00                    | 0,94    | 0,90 | 0,86 | 0,82 | 0,77 |
| 2500                   | 0,96                    | 0,90    | 0,86 | 0,83 | 0,78 | 0,74 |
| 3000                   | 0,92                    | 0,86    | 0,82 | 0,79 | 0,75 | 0,70 |
| 3500                   | 0,88                    | 0,82    | 0,79 | 0,75 | 0,71 | 0,67 |
| 4000                   | 0,82                    | 0,77    | 0,74 | 0,71 | 0,67 | 0,63 |

## Потребна снага мотора

Погон се може извршити са различитим врстама мотора, али се најчешће користе електромотори због:

- великог степена искоришћења,
- малих димензија,
- мале масе,
- малог момента инерције ротора,
- ниске цене,
- добрих експлоатационих и регулационих карактеристика,
- велике могућности преоптерећења.

## Потребна снага мотора

- Најчешће се користе асинхрони електромотори.
- При већем броју укључивања (полазака) обавезно треба проверити да ли дотични електромотор задовољава са становишта дозвољеног броја укључивања јер и тај фактор јако утиче на његово загревање, поготово ако полази под пуним (великим) оптерећењем, или ако ротациони елементи имају велике моменте инерције, или ако је потребно да се мотор залети у веома кратком временском периоду.

## Погонски фактор ( $f_B$ )

■ У зависности од врсте погонске и радне машине, режима експлоатације и радних услова, потребна вредност погонског фактора се одређује из дијаграма, или се израчунава посредством обрасца, све у зависности од произвођача редуктора, тако да се у литератури могу наћи различити подаци:

$$f_B = f_{B1} f_{B2} f_{B3} f_{B4} f_{B5} f_{B6} f_{B7}$$



## Погонски фактор ( $f_B$ )

где је:

$f_{B1}$  - фактор који узима у обзир врсту погонске машине (за погон електромотором  $f_{B1} = 1$ ),

$f_{B2}$  - фактор који узима у обзир врсту радне машине, тј. начин њеног рада,

$f_{B3}$  - фактор који узима у обзир дужину трајања погона,

$f_{B4}$  - фактор који узима у обзир број укључења (полаза) у току сата,

$f_{B5}$  - фактор који узима у обзир ефективно оптерећење редуктора у току сата,

$f_{B6}$  - фактор који узима у обзир температуру амбијента и

$f_{B7}$  - фактор који узима у обзир жељени радни век редуктора.

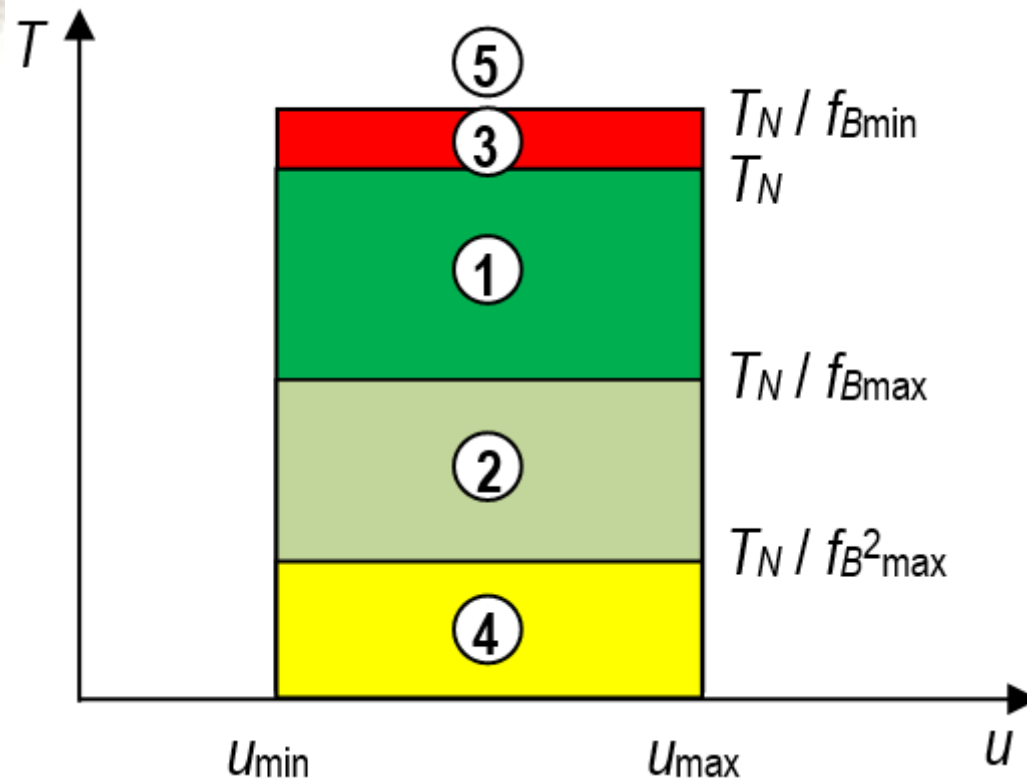
## Погонски фактор ( $f_B$ )

- Дефинисањем називне вредности обртног момента дефинисана је и основна област примене редуктора, односно подручје у коме редуктор обично ради:

Из услова:  $T_N \geq T_2 \cdot f_B$  следи  $T_2 = \frac{T_N}{f_B}$

## Погонски фактор ( $f_B$ )

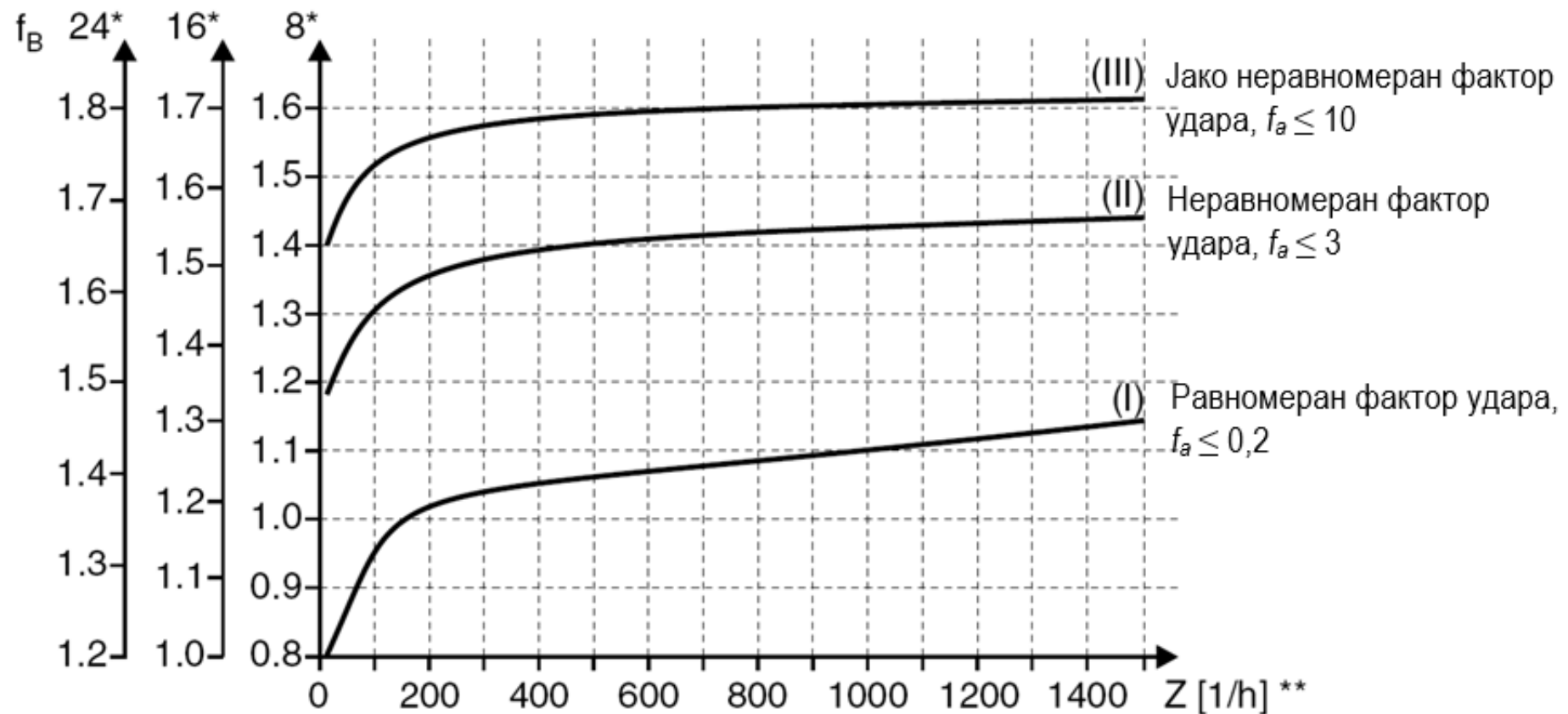
$$T_2 = \frac{T_N}{f_B}$$



- 1 – област основне примене,
- 2 – област допунске примене,
- 3 – област краткотрајне примене,
- 4 – област у којој је редуктор предимензионисан,
- 5 – критична област у којој долази до тренутне хаварије редуктора

## Област примене универзалног зупчастог редуктора

## Погонски фактор ( $f_B$ )



\* Дневно трајање погона у сатима на дан

\*\* Учесталост укључења  $Z$  (укључење подразумева све поступке покретања и кочења, те пребацивања са ниских на високе бројеве обртаја и обрнуто)

## Погонски фактор ( $f_B$ )

- Неки произвођачи користе једноставнији образац за прорачун потребне вредности погонског фактора:

$$f_B = f_{B1} f_{B2} f_{B3}$$

где је:

$f_{B1}$  - фактор који узима у обзир тежину погона, трајање погона у току дана и број укључења у току сата,

$f_{B2}$  - фактор који узима у обзир ефективно оптерећење редуктора у току сата,

$f_{B3}$  - фактор који узима у обзир температуру амбијента.

## Погонски фактор ( $f_B$ )

Вредност погонског фактора  $f_{B1}$  који узима у обзир тежину погона, трајање погона и број укључења

| Време трајања погона у сатима |     | 4    |          |       | 8    |          |       | 16   |          |       | 24   |          |       |
|-------------------------------|-----|------|----------|-------|------|----------|-------|------|----------|-------|------|----------|-------|
|                               |     | < 10 | 10 - 200 | > 200 | < 10 | 10 - 200 | > 200 | < 10 | 10 - 200 | > 200 | < 10 | 10 - 200 | > 200 |
| Тежина погона                 | I   | 0,8  | 0,9      | 1     | 0,9  | 1        | 1,1   | 1    | 1,1      | 1,2   | 1,2  | 1,3      | 1,5   |
|                               | II  | 1    | 1,1      | 1,3   | 1,1  | 1,2      | 1,3   | 1,2  | 1,4      | 1,5   | 1,4  | 1,5      | 1,6   |
|                               | III | 1,3  | 1,4      | 1,5   | 1,4  | 1,5      | 1,6   | 1,5  | 1,6      | 1,7   | 1,6  | 1,7      | 1,8   |

## Погонски фактор ( $f_B$ )

У случају да је:

$k \leq 0,2$  реч је о мирном раду без удара (I),

$k \leq 3$  реч је о раду са средњим ударима (II),

$k \leq 10$  реч је о раду са јаким ударима (III),

за  $k > 10$  подаци се посебно дефинишу.

Тежина погона ( $k$ ) се установљава на основу односа момената инерције гоњене и погонске машине:

$$k = \frac{J_x}{J_{em}}$$

## Погонски фактор ( $f_B$ )

где је:

$J_x$  - момент инерције свих покретних делова сведен на вратило електромотора и

$J_{em}$  - момент инерције ротора електромотора (чија се вредност може наћи у каталозима произвођача електромотора), а у случају да се користи електромотор са кочницом и/или са тешким вентилатором вредност момента инерције ротора обавезно треба кориговати и са тим елементима.

$$J_x = J_1 \frac{n_1^2}{n_{em}^2} + J_2 \frac{n_2^2}{n_{em}^2} + \dots + 91,2 \cdot m_1 \left( \frac{v_1}{n_{em}} \right)^2 + 91,2 \cdot m_2 \left( \frac{v_2}{n_{em}} \right)^2 + \dots$$



## Погонски фактор ( $f_B$ )

У случају да се не поседују тачни подаци о моментима инерције разврставање погона се може извршити према врсти радне машине на следећи начин:

**Машине које раде са малим ударима** су: генератори, тракасти транспортери, плочасти транспортери, пужни транспортери, лаки лифтови, електрични возови, погони алатних машина, турбо дуваљке, центрифугални компресори, мешалице за течности мале густине, итд.

**Машине које раде са средњим ударима:** главни погони алатних машина, тешких дизала, окретних зупчаника, дизалица, вентилатора, мешалица за материјале неравномерне густине, клипне пумпе са више цилиндара, пумпе за дозирање, итд.

**Машине које раде са јаким ударима:** пресе, маказе, машине за гњечење гуме, ваљаонице и металуршке машине, кашике, тешке центрифуге, пумпе за тешке услове рада, ротационе бушилице, пресе за брикетирање, глодалице, итд.

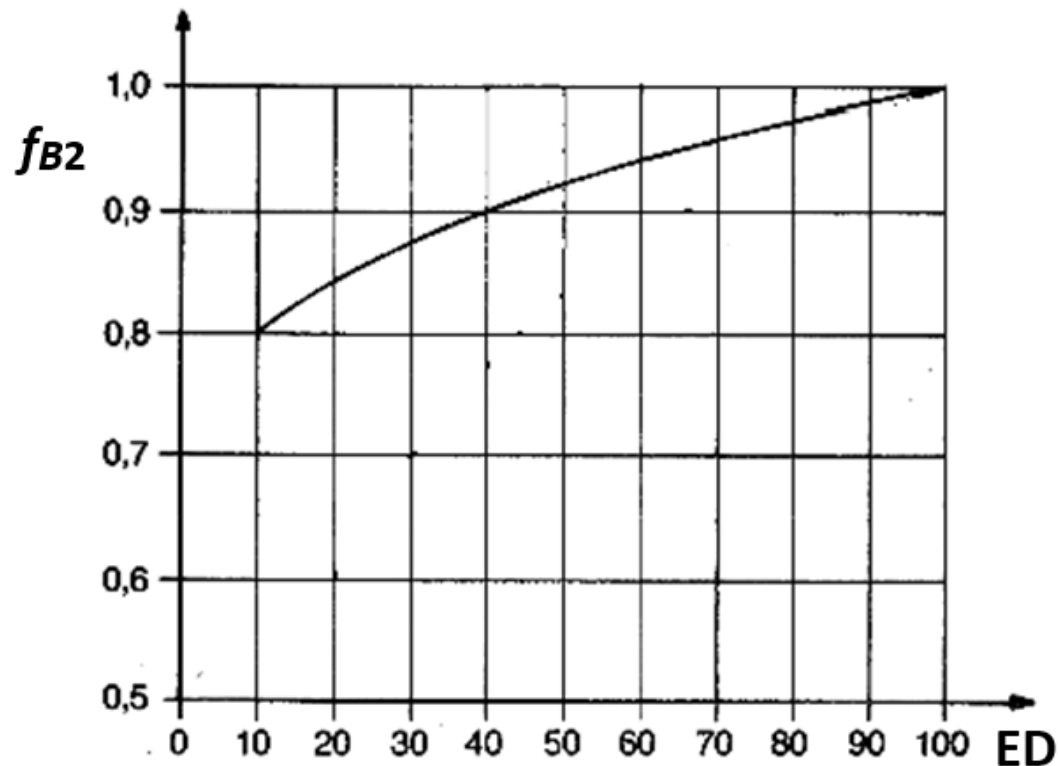
## Погонски фактор ( $f_B$ )

$f_{B2}$  - фактор који узима у обзир ефективно оптерећење редуктора у току сата, при чему се ефективно оптерећење изражава посредством такозваног ED фактора који се рачуна по обрасцу

$$ED = \frac{\text{Време ефективног рада у минутама}}{60} \cdot 100\%$$

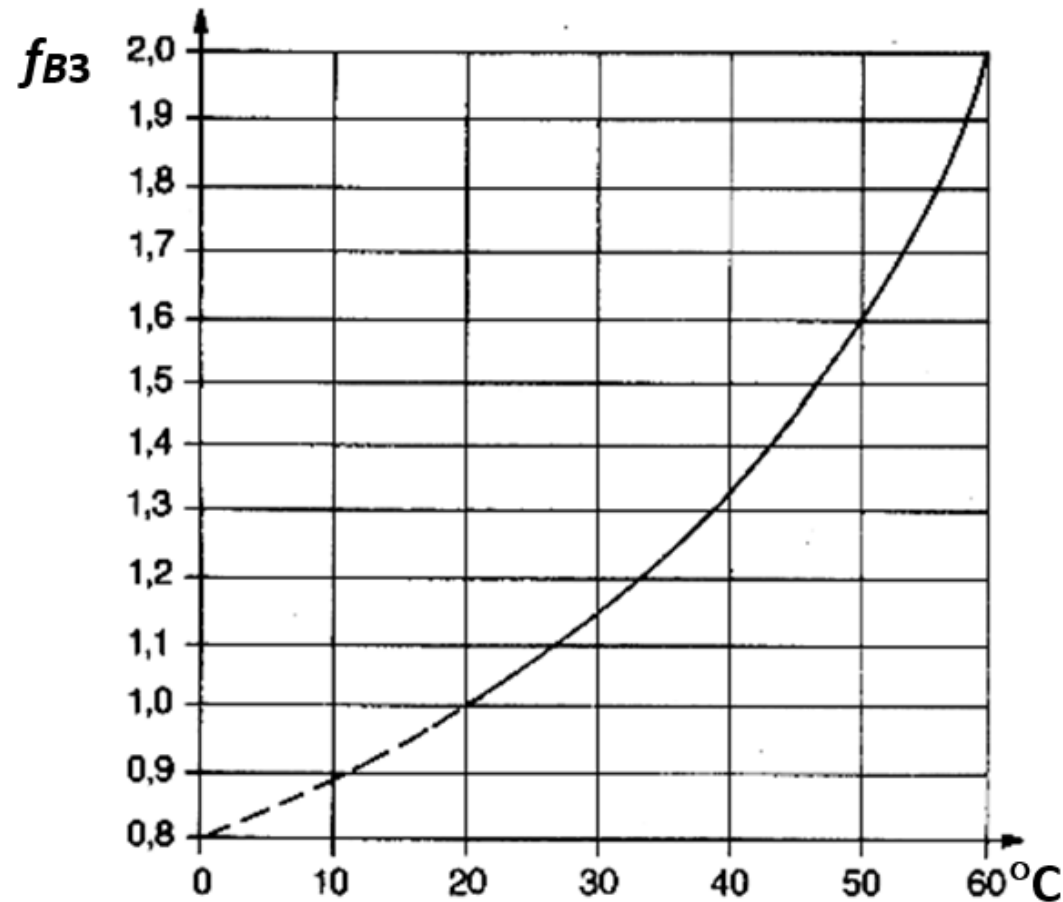
## Погонски фактор ( $f_B$ )

$$ED = \frac{\text{Време ефективног рада у минутама}}{60} \cdot 100\%$$



## Погонски фактор ( $f_B$ )

$f_{B3}$  - фактор који узима у обзир температуру амбијента



## Избор величине редуктора

- Избор величине тј. типа редуктора врши се након избора врсте редуктора, облика и положаја уградње, при чему се обавезно усваја најмањи редуктор који задовољава услов:

$$T_{2N} \geq f_B T_2$$

$$f_{BD} \geq f_B$$

- Дозвољену вредност погонског фактора  $f_{BD} = T_{2N} / T_2$  произвођачи редуктора дају у својим каталозима, за сваки редуктор, за сваку снагу и сваки број обртаја.

## Избор величине редуктора

- Одабрани редуктор, поред обртног момента, мора да задовољи и са становишта оптеретивости слободног краја излазног и улазног вратила, као и са становишта топлотног капацитета, тј. морају бити испуњени следећи захтеви:

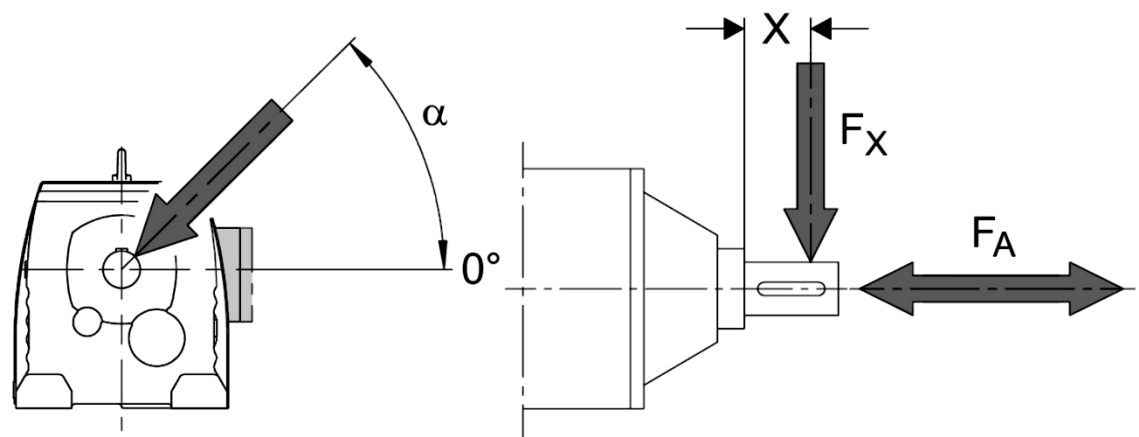
$$F_{r1} \leq F_{r1doz}$$

$$F_{a1} \leq F_{a1doz}$$

$$F_{r2} \leq F_{r2doz}$$

$$F_{a2} \leq F_{a2doz}$$

$$P_1 \leq P_q$$



## Избор величине редуктора

- У случају приближних прорачуна вредност радијалних сила се може одредити на основу обимне силе ( $F_t$ ) по обрасцу:

$$F_r = F_t f_z$$

$f_z$  - фактор преносног елемента, за:

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| зупчаник са $z < 17$     | $f_z = 1,15$ |
| ланчаник са $z < 13$     | $f_z = 1,4$  |
| ланчаник са $z < 20$     | $f_z = 1,25$ |
| каишник за клинасти каиш | $f_z = 1,75$ |
| каишник за пљоснати каиш | $f_z = 2,5$  |

## Прорачун који спроводе конструктори редуктора

### Прорачун преносног односа

- У зависности од потребног броја обртаја на излазу ( $n_2$ ) и броја обртаја погонске машине ( $n_1$ ) израчунава се потребан преносни однос.

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

- Код универзалних зупчастих редуктора овај преносни однос треба да се стандардизује, по стандардном реду R20.



## Прорачун преносног односа

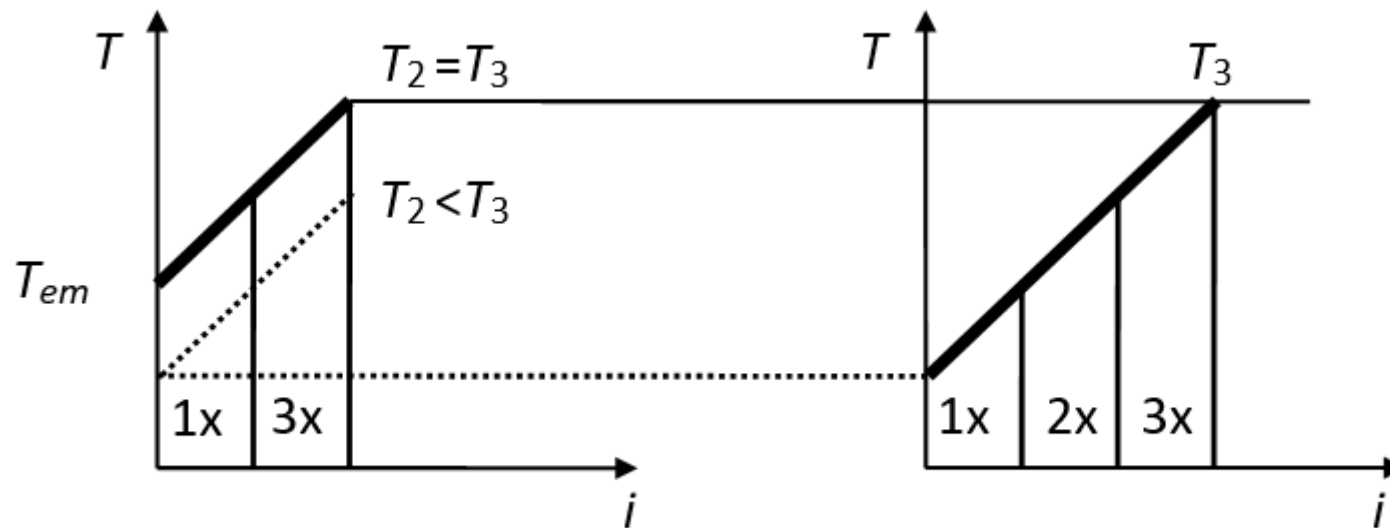
- Након тога се одређује са коликим бројем степени, тј, бројева зупчастих парова, се он може постићи. Након тога се одређују оријентационе вредности појединих преносних односа, ако је реч о вишестепеном редуктору.

**Табела:** Препоручене вредности кинематских преносних односа –  $i$

| Број степени | Нормално | Изузетно | Екстремно |
|--------------|----------|----------|-----------|
| Једностепени | 6,3      | 8        | 18        |
| Двостепени   | 35       | 45       | 60        |
| Тростепени   | 150      | 200      | 300       |

## Прорачун преносног односа

- Након тога се одређује са коликим бројем степени, тј, бројева зупчастих парова, се он може постићи. Након тога се одређују оријентационе вредности појединих преносних односа, ако је реч о вишестепеном редуктору.



Двостепени редуктор

Тростепени редуктор

$$i = i_1 i_2 i_3 \dots i_n$$

## Прорачун преносног односа

■ Стварне вредности преносних односа одређују се у зависности од **технолошких могућности** (израда најмањег броја зубаца  $z_1$  и највећег  $z_2$  зупчаника) и **конструкционих могућности уградње** (најмање  $z_1$  и највеће  $z_2$ ) зупчаника. Након одређивања ових параметара израчунава се, на пример, усвајањем број зубаца гоњеног зупчаника  $z_2$ :

$$z_2 = i z_1$$

Заокруживањем на ближи цео број усваја се  $z_1$  и израчунава стварни преносни однос  $i = z_2 / z_1$

## Прорачун преносног односа

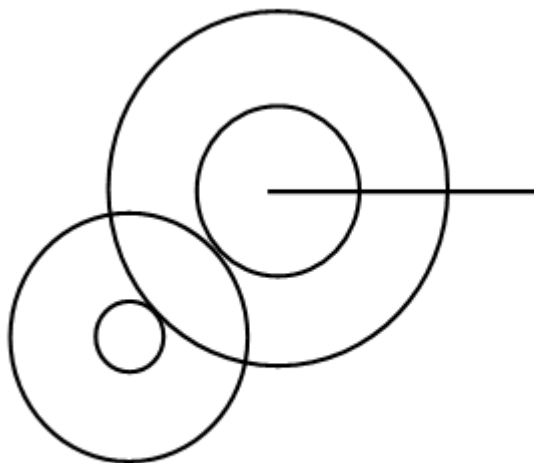
- У случају да се за преносни однос добија цео број, треба променити  $z_2$  (обично се смањује за 1 јер се тако најмање одступа од жељене вредности преносног односа) и затим поново израчунати стварни преносни однос.
- За преносни однос **не треба усвојити цео број**, да би се избегло спрезање увек истих зубаца, чиме се постиже равномерније (уједначеније) хабање бокова зубаца и тиме обезбеђује дужи радни век зупчаника.

## Прорачун преносног односа

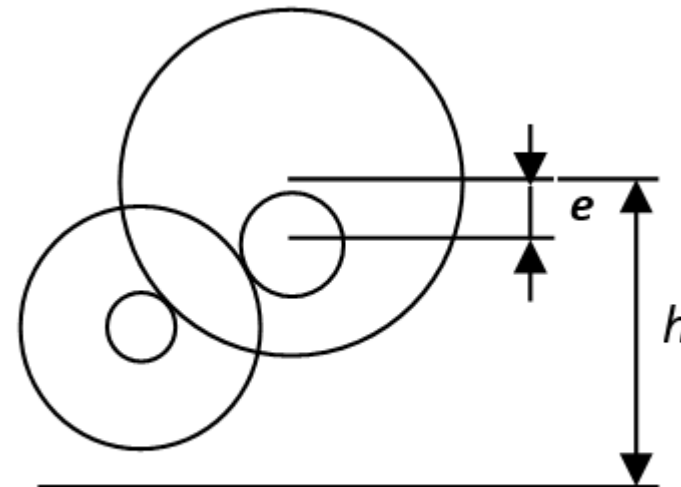
■ За сваку величину редуктора треба **усвојити највеће могуће осно растојање**, како би се постигао што већи преносни однос, на основу просторних ограничења дефинисаних **осном висином, ширином редуктора и израчунатом оријентационом вредношћу модула за највећи преносни однос** (на основу одређених димензија зупчаника) и из приближног обрасца за осно растојање (јер је занемарено померање профила):

$$a \approx \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta}$$

## Прорачун преносног односа



1



2

## Прорачун преносног односа

- Израчунава се оријентациона вредност збира зубаца:

$$z_1 + z_2 = \frac{2a \cos \beta}{m_n}$$

- Усвајањем обично  $z_1$  (на основу технолошких и конструкционих параметара или постојећих препорука, на основу обимне брзине) израчунава се број зубаца гоњеног зупчаника по обрасцу:

$$z_2 = \frac{2a \cos \beta}{m_n} - z_1$$

## Прорачун преносног односа

- За усвојени преносни однос и осно растојање израчунава се рачунска вредност збира зубаца:

$$(z_1 + z_2)_r = \frac{2a \cos \beta}{m_n}$$

и из једначине:

$$z_1 + z_2 = z_1(1 + i)$$

израчунава се потребан број зубаца погонског зупчаника  $z_1$  за сваку другу величину преносног односа:



## Прорачун преносног односа

$$z_1 = \frac{(z_1 + z_2)_r}{1 + i}$$

након чега се израчунава број зубаца гоњеног зупчаника  $z_2$ :

$$z_2 = i z_1$$

чија вредност се заокружује, по правилу, на први мањи цео број (због позитивног померања профила), а затим се израчунава стварни преносни однос, на већ описан начин.

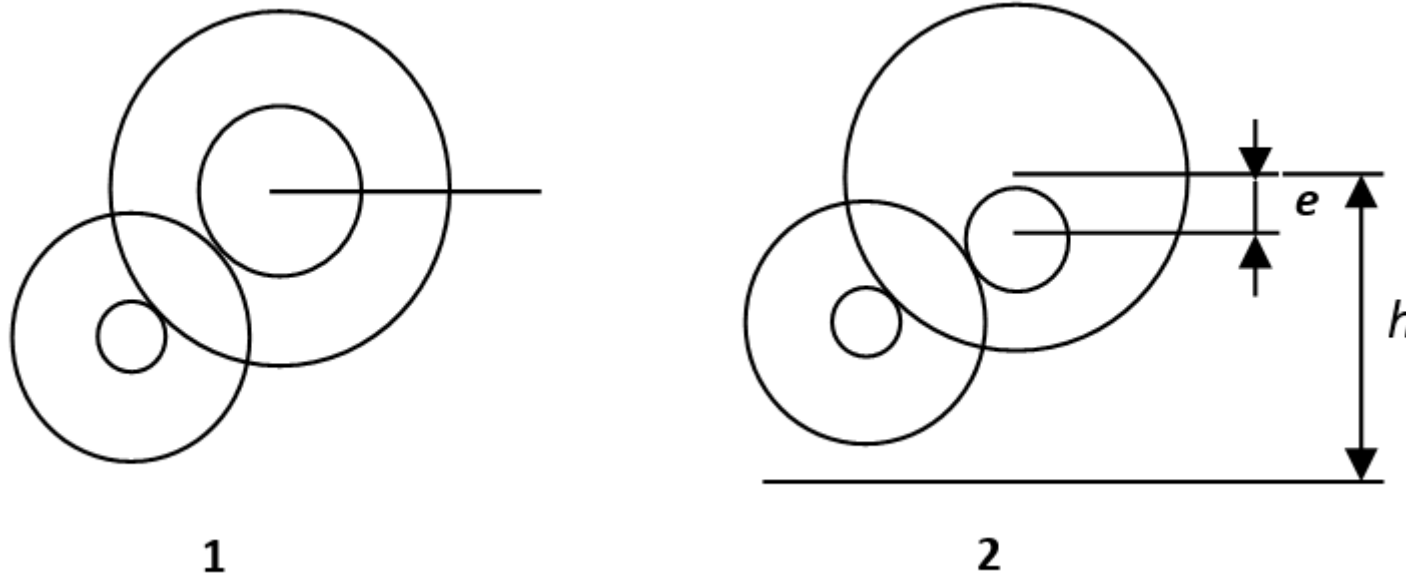
## Прорачун носивости редуктора

- При избору носивости редуктора полази се од усвојених вредности обртног момента, по стандардном реду R20/6 (са фактором пораста  $q_T = 2$ ) чије вредности су усклађене са вредностима водећих произвођача или очекиване конкуренције.
- При томе се настоји да се усвоје што веће вредности носивости чиме се повећава оптерећење свих компонената унутар редуктора.

## Прорачун носивости редуктора

- Да би се смањило оптерећење компонената унутар редуктора настоји се да се повећа преносни однос излазног пара, мада се преносни однос излазног пара повећава и због захтева да се повећа највећи укупан преносни однос редуктора.
- Повећањем преносног односа, посредством повећања међуосног растојања, због ограниченог простора, потребно је смањити пречник гоњеног зупчаника првог пара који се поставља на тзв. петом зупчастом вратилу (у двостепеној варијанти).

## Прорачун носивости редуктора



## Степен искоришћења

- У зависности од врсте прорачуна разликује се и начин одређивања степена искоришћења. У принципу, степен искоришћења се рачуна као:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n$$

## Степен искоришћења

- Код приближних прорачуна зупчастих редуктора рачуна се да је:

$$\eta = 1$$

тј. да редуктори раде без губитка.

- Код тачнијих прорачуна рачуна се да су укупни губици по зупчастом пару, у које су урачунати и губици у лежајима, приближно 2% тј. да је

$$\eta_i = 0,98 \dots 0,985$$

## Степен искоришћења

- Код веома тачних прорачуна, посебно се рачунају губици у лежајима а посебно у зупчастом пару:

$$\eta_i = \eta_{zi} \eta_{li}$$

## Прорачун оптерећења компонента

При прорачуну оптерећења могу да се јаве два случаја:

- када је позната улазна снага, или улазни обртни момент,
- када је позната излазна снага, или излазни обртни момент.

Када је позната улазна снага ( $P_1$ ) и улазни број обртаја ( $n_1$ ):

- после првог пара снага и број обртаја су:

$$P_2 = P_1 \eta_1$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_1}$$

$$T_2 = 9550 \frac{P_2}{n_2}$$



## Прорачун оптерећења компонента

- после другог пара снага и број обртаја су:

$$P_3 = P_2 \eta_2 = P_1 \eta_1 \eta_2 \qquad n_3 = \frac{n_2}{i_2} = \frac{n_1}{i_1 i_2}$$

$$T_3 = 9550 \frac{P_3}{n_3} = T_2 \eta_2 i_2 = T_1 \eta_1 i_1 \eta_2 i_2$$

## Прорачун оптерећења компонената

Када је позната излазна снага ( $P_i = P_n$ ) и излазни број обртаја ( $n_i = n_n$ ):

обртни момент на излазу је:

$$T_n = 9550 \frac{P_n}{n_n}$$

На вратилима и елементима ка улазу све је већи број обртаја:

$$n_{n-1} = n_n i_n$$

и снага:  $P_{n-1} = \frac{P_n}{\eta_n}$  а све мањи обртни момент:  $T_{n-1} = \frac{T_n}{\eta_n i_n}$

## Прорачун оптерећења компонената

- Код универзалних редуктора се искључиво дефинише номинални, тј. називни, обртни момент на излазу, тзв. носивост редуктора ( $T_{2N}$ ), према којем се израчунавају оптерећења свих осталих компонената редуктора, и при којем се рачуна да је погонски фактор  $f_B = 1$ .

# Питања ...

