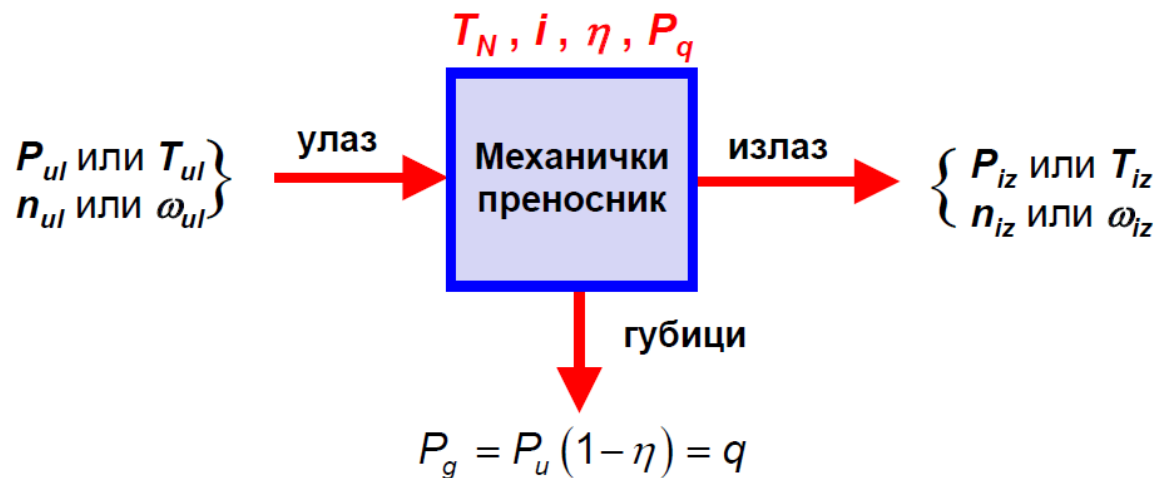
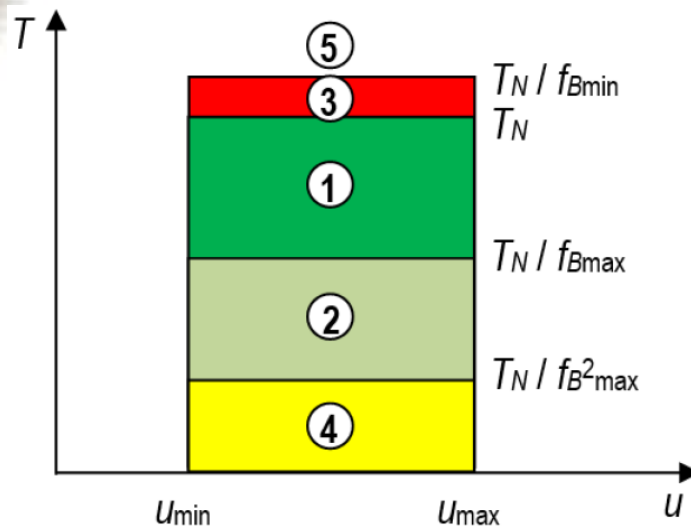


# Поступак дефинисања техничких карактеристика



Дефинисање основних техничких карактеристика редуктора врши се у зависности од:

- намене,
- величине редуктора,
- величине серије.

Основне техничке карактеристике редуктора су:

- називни обртни момент ( $T_{2N}$ ),
- преносни однос ( $i$ ),
- степен искоришћења ( $\eta$ ),
- дозвољена вредност радијалног и аксијалног оптерећења слободног краја улазног и излазног вратила ( $F_{r1d}$ ), ( $F_{a1d}$ ), ( $F_{r2d}$ ), ( $F_{a2d}$ ),
- топлотни капацитет ( $P_q$ ),
- момент инерције обртних делова ( $J$ ),
- ниво шума ( $L$ ),

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- ниво вибрација ( $v$ ),
- облик уградње,
- положај уградње,
- осна висина ( $h$ ) и сл.



- Код редуктора намењених за тзв. **уско тржиште** техничке карактеристике обично дефинише купац, тј. инвеститор,
- док код редуктора намењених за **широко тржиште**, техничке карактеристике обично дефинише стандард или неки други пропис, а ако оне нису на тај начин дефинисане, онда је произвођач принуђен да, на основу потреба тржишта, техничких карактеристика конкурентских решења и сопствених технолошких могућности, дефинише техничке карактеристике својих редуктора.

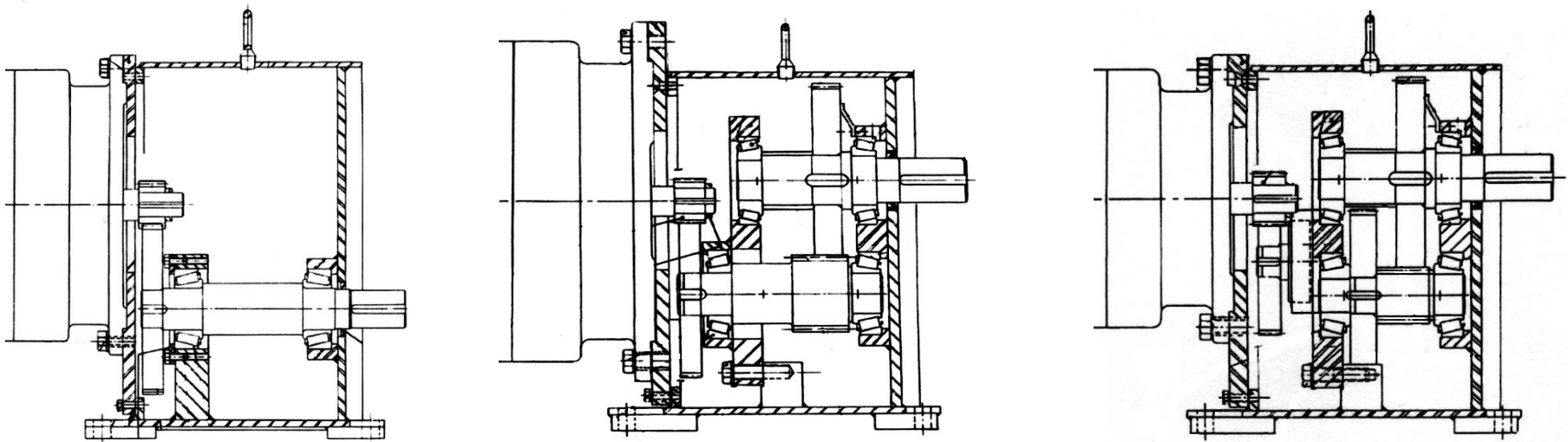
## Концепцијска решења малих произвођача

- При **мањим серијама** универзални редуктори су знатно јефтинији и много брже се набављају и сервисирају од специјалних, због чега се, при избору редуктора, увек треба одредити за неки од већ постојећих универзалних редуктора, наравно, под условом да постављени пројектни захтеви и серија то дозвољавају.

## Концепцијска решења малих произвођача

- Мали произвођачи редуктора су сви они произвођачи који немају сопствену производњу електромотора, па због тога они најчешће користе **стандардне IEC електромоторе** које директно или помоћу адаптера уграђују на своје редукторе.

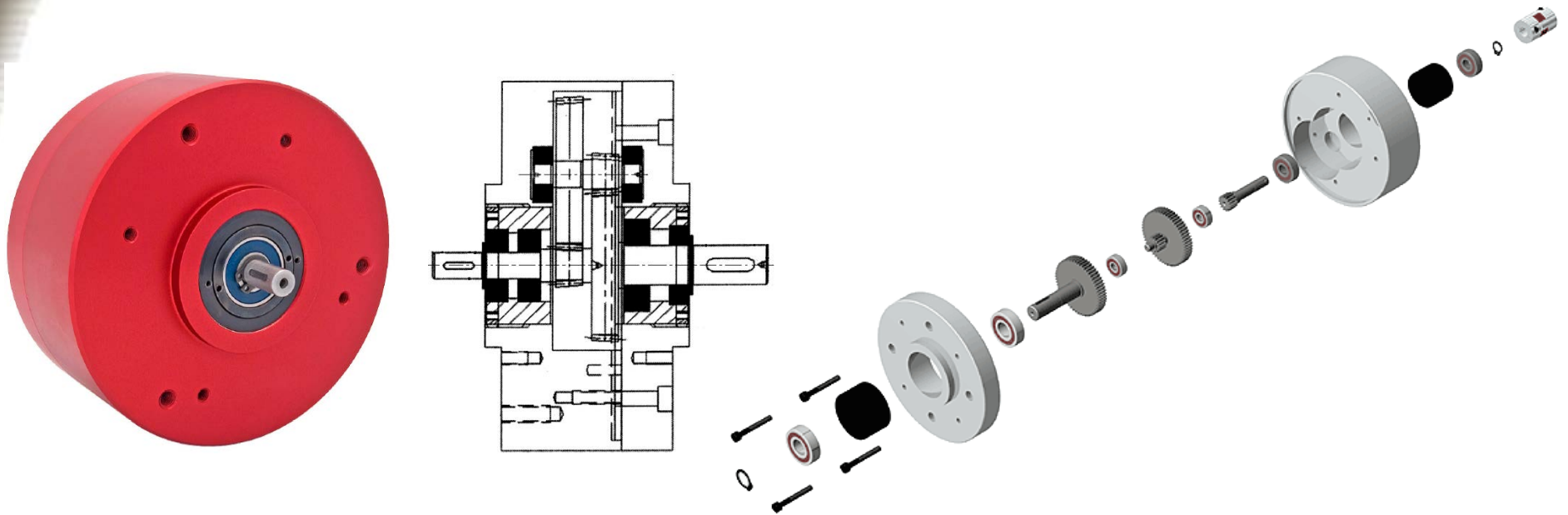
## Концепцијска решења малих произвођача



*Једностепени (1), двостепени (2) и тростепени редуктор (3)  
са завареним кућиштем (Philadelphia Gear Drives)*



## Концепцијска решења малих произвођача



*Двостепени зупчасти редуктор (1) и експанзиони цртеж класичног двостепеног зупчастог редуктора (2) (Ondrives)*

## Концепцијска решења малих произвођача

- Мали произвођачи редуктора настоје да усвоје редукторе са што већим преносним односима док маса кућишта није толико значајна јер се најчешће израђују у малим серијама.
- Велике преносне односе редуктори постижу коришћењем великих зупчаника, тј. применом међуплоча са стране мотора која омогућује њихову уградњу.

## Концепцијска решења малих произвођача

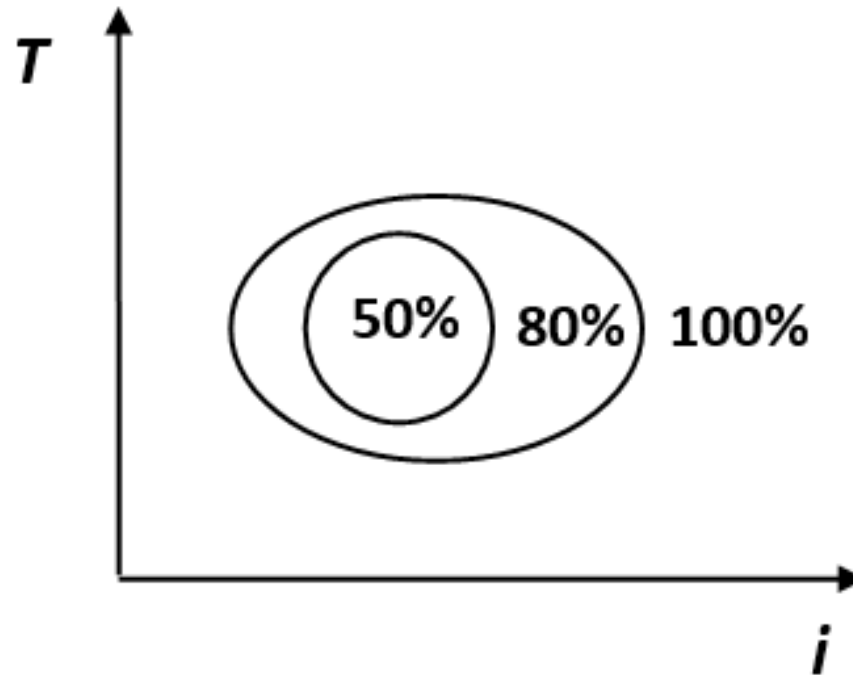
- Повољнија је израда двостепених редуктора у специјалном кућишту за двостепене редукторе којима се могу постићи велики преносни односи и тако успешно конкурисати скупљим тростепеним редукторима.
- Мали произвођачи углавном не производе једноступене редукторе, јер се они ређе траже, као ни тростепене, јер их у једном делу преносних односа могу заменити двостепени редуктори са великим преносним односом.

## Концепцијска решења великих произвођача

- Велики произвођачи редуктора (SEW, Siemens-Flender) користе **специјалне (редукторске) моторе**, који се одликују специфичним прирубницама, специјалним пречницима краја вратила, јачим лежајевима и бољим решењем заптивања, тако да они имају низ **предности**:
  - једноставнија, компактнија и јефтинија конструкција,
  - могућност постизања већих преносних односа,
  - већа оптеретивост слободног краја вратила мотора,
  - боља херметичност.

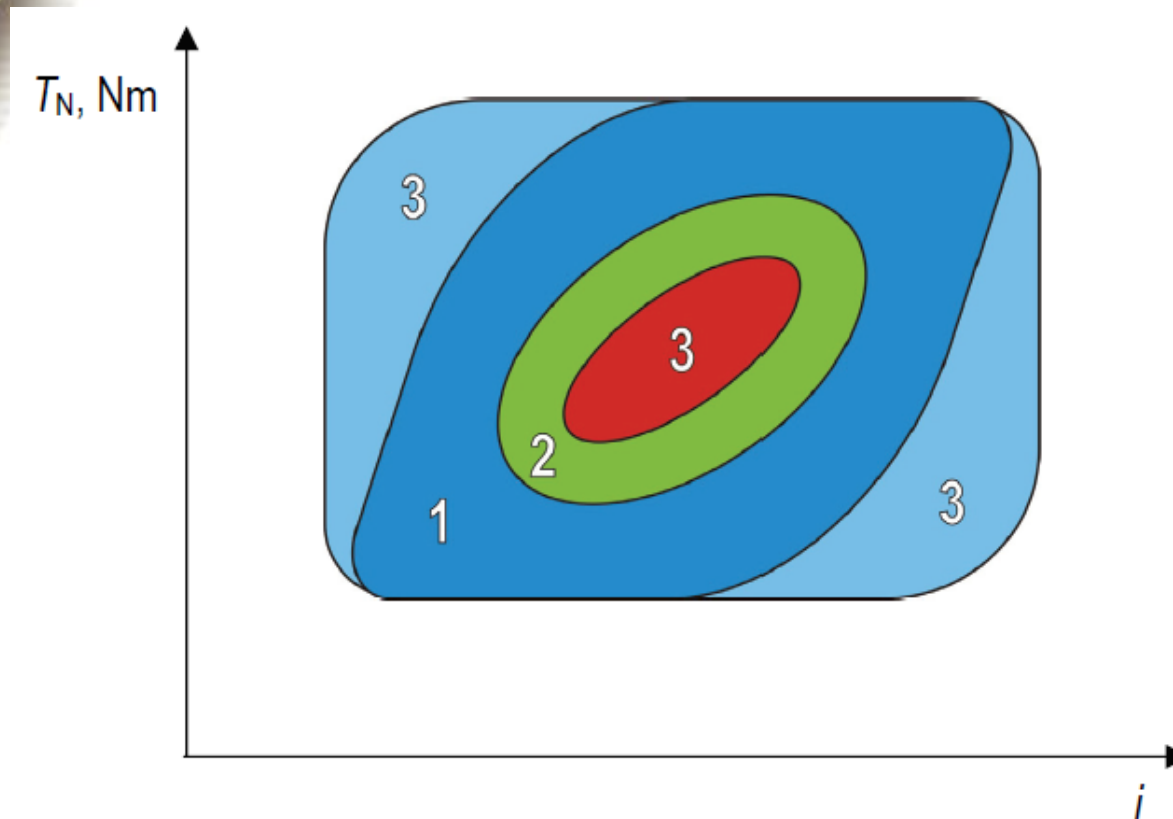
## Концепцијска решења великих произвођача

- Редукторе са стандардним IEC моторима испоручују и велики произвођачи који користе специјалне моторе, када то посебно захтевају купци. На пример, када купци хоће сами да уграђују моторе (на купљене редукторе).



*Графички приказ потражње за зупчастим редукторима по обртним моментима и преносним односима (овај податак се добија након детаљног истраживања потреба тржишта)*

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

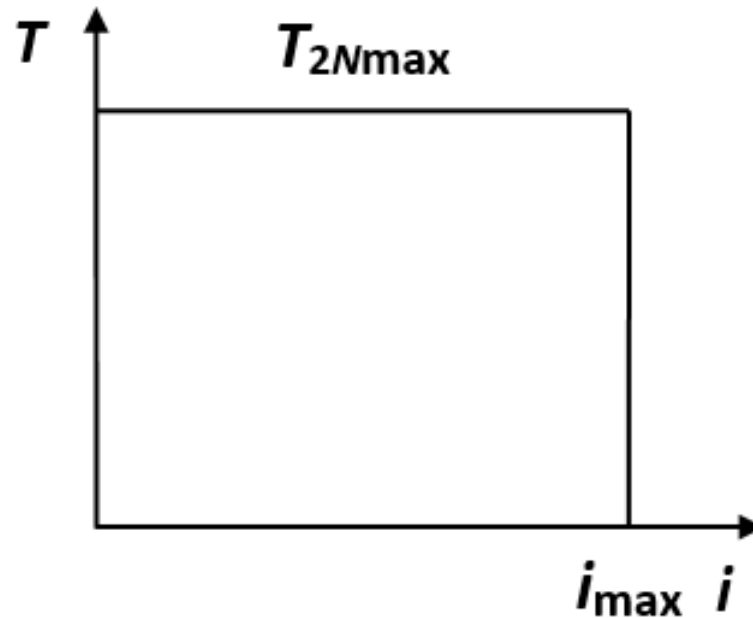


- 1 - област коју покривају велики произвођачи редуктора,
- 2 - област коју покривају средњи произвођачи редуктора,
- 3 - области које покривају мали произвођачи редуктора

*Шематски приказ области преносних односа и носивости које покривају велики, средњи и мали произвођачи редуктора*

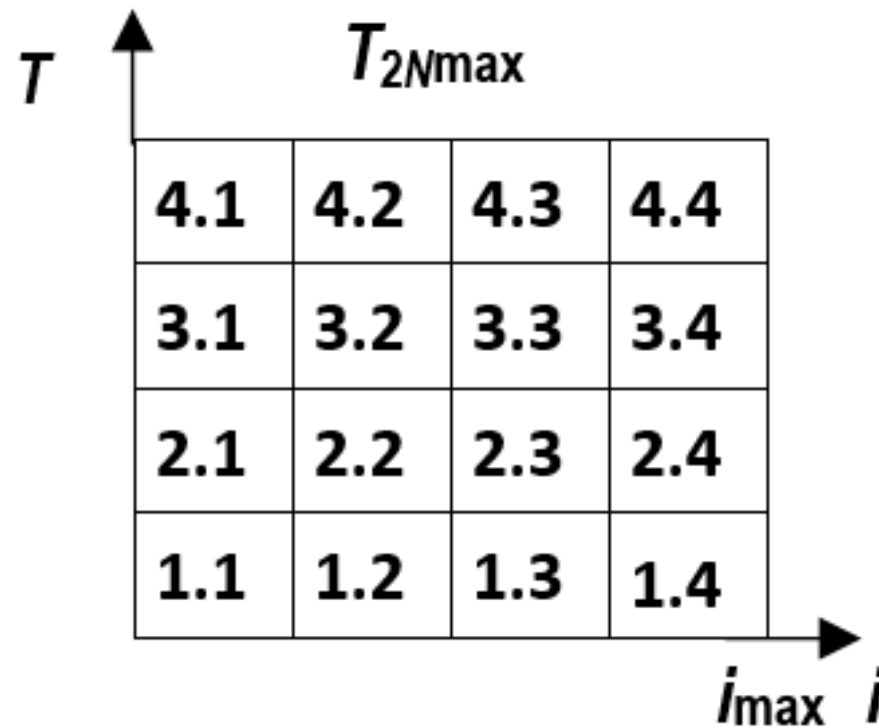
- Правилно ограничавање области је изузетно важно због тога да би се обезбедила **рентабилност** сваке величине редуктора.
- Ако се покрива нека област за којом влада изузетно мала потражња, онда та величина редуктора **неће бити економична**.
- Такве области се, по правилу, препуштају мањим произвођачима редуктора који су оријентисани на мале серије и којима се то, по природи ствари, исплати.





*Графички приказ области обртних момената и преносних односа које ће се покривати са пројектованом фамилијом редуктора*

- Након дефинисања границе области која ће се покривати фамилијом универзалних редуктора потребно је унутар ње **дефинисати (типизирати) области** које ће се покривати појединим величинама, типовима редуктора, по носивостима ( $T_{2N}$ ) и величинама преносних односа ( $i$ ).
- Треба водити рачуна о стандардима, техничким карактеристикама конкурентских решења и могућностима расположиве технологије.



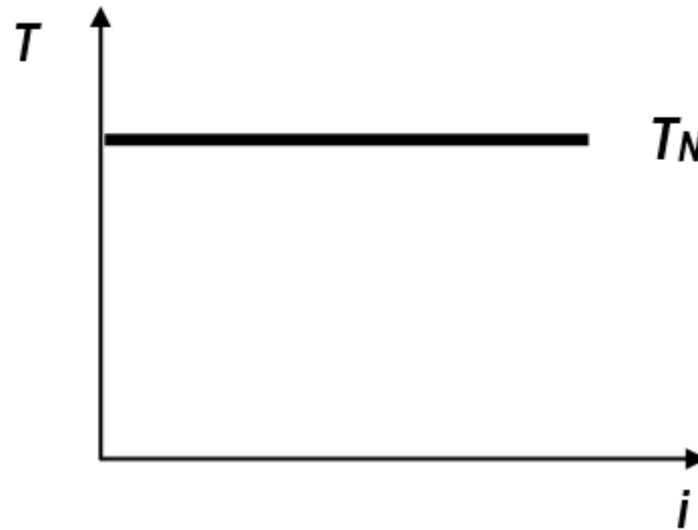
*Графички приказ области обртних момената и преносних односа који ће се покривати са пројектованом фамилијом редуктора*

# Поступак дефинисања техничких карактеристика



*Упоредни приказ области обртних момената појединих произвођача тростепених зупчастих редуктора*

- Дефинисањем номиналне (називне) вредности обртног момента дефинисана је и основна област примене редуктора.

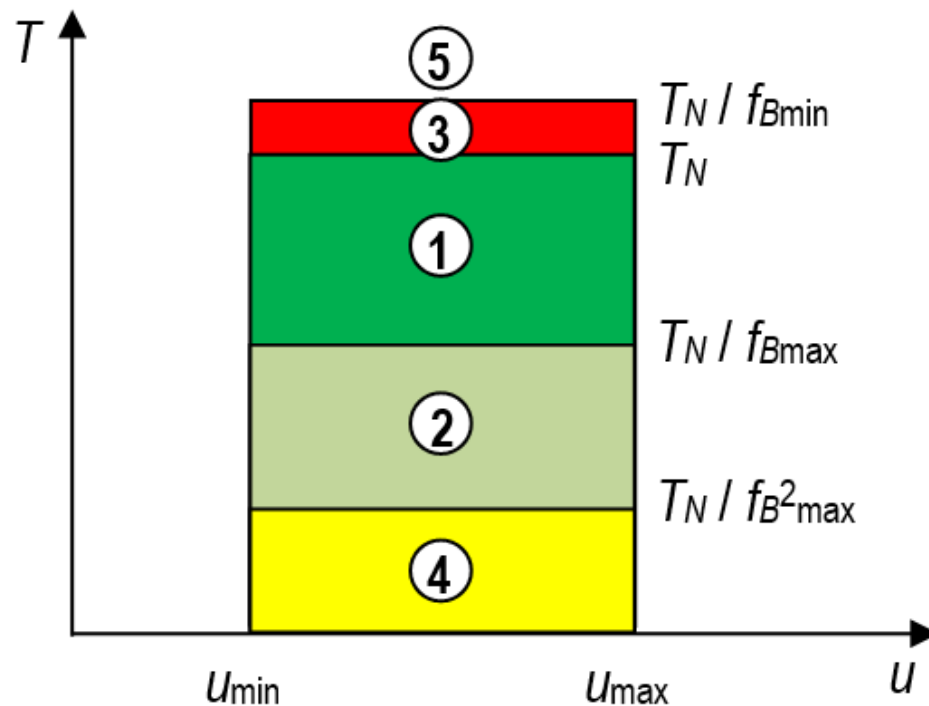


*Графички приказ називне вредности обртног момента редуктора*

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

■ Наиме, да би се обезбедио исправан рад редуктора мора бити испуњен услов:

$$T_N \geq f_B T$$



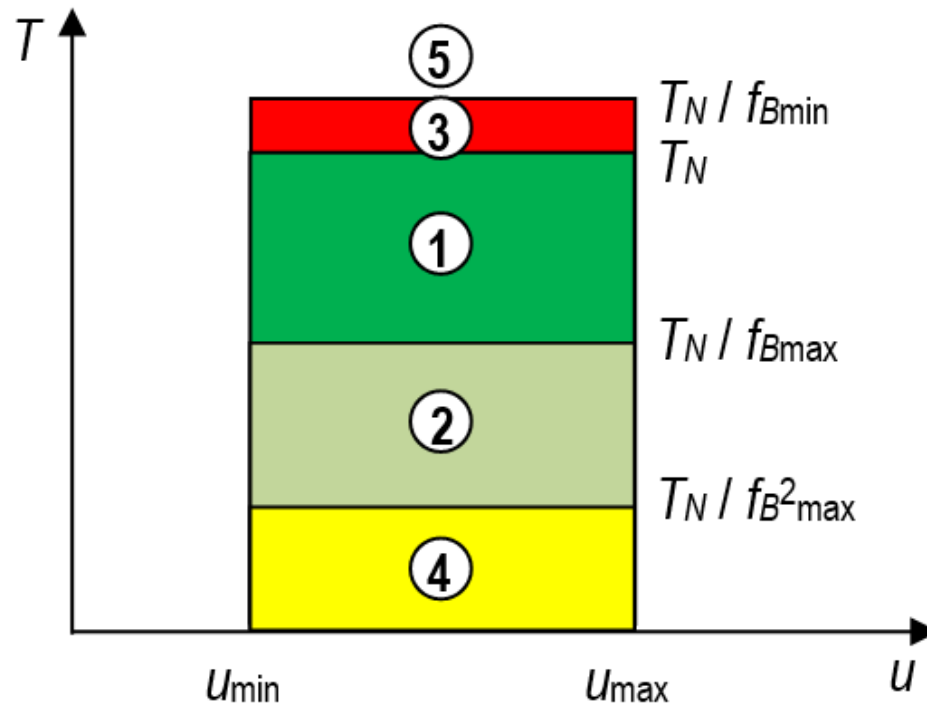
- 1 – област основне примене,
- 2 – област допунске примене,
- 3 – област краткотрајне примене,
- 4 – област у којој је редуктор предимензионисан,
- 5 – критична област у којој долази до тренутне хаварије редуктора

Област примене универзалног зупчастог редуктора

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

$(f_B)$  - погонски фактор који узима у обзир све неравномерности које се јављају у току рада, што значи да редуктор обично ради у подручју:

$$T_N \geq T \geq T_N / f_{Bmax}$$



- 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

- У области испод  $T_N / f_{Bmax}$  редуктор је предимензионисан и треба концепцијски и конструкционо предвидети једну мању величину редуктора, тј. скок између суседних величина редуктора мора бити:

$$T_{N(n+1)} = f_{Bmax} T_{N(n)}$$

односно

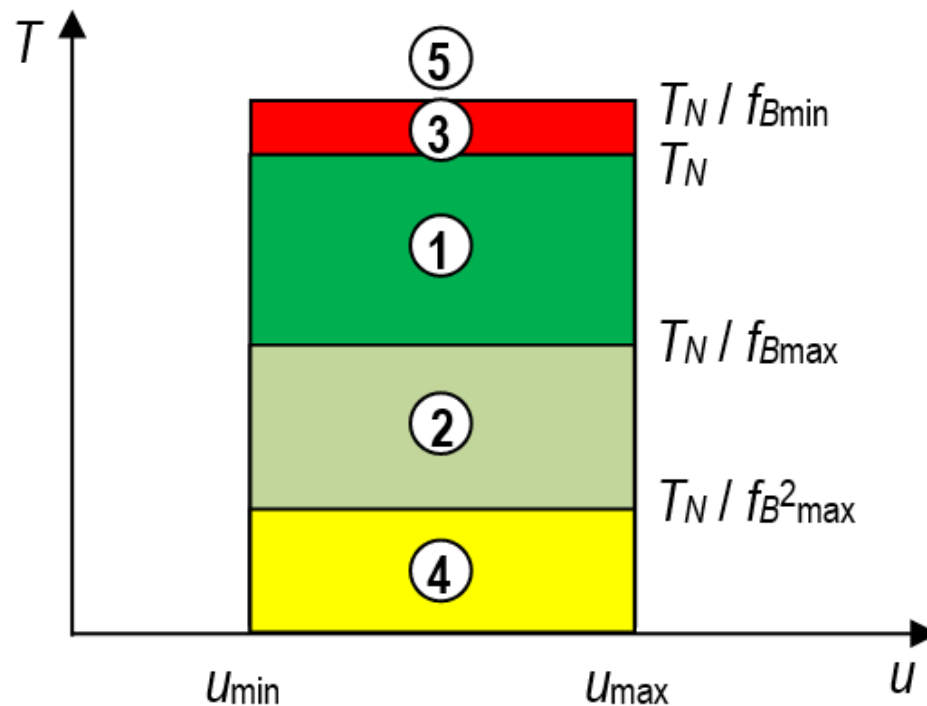
$$T_{N(n+1)} = q_T T_{N(n)}$$

$q_T = f_{Bmax} = 2$  - фактор пораста обртних момената. Овакав скок момената поштује већина произвођача редуктора, јер је, по теорији стандардних бројева,  $q_T = q_F q_L = q^2 q = q^3 = 1,25^3 = 2$  што одговара порасту дужинских мера по стандардном реду R10 или R20/2.



# Поступак дефинисања техничких карактеристика

■ Редуктор се може користити и изван области његове основне примене ( $T_N \geq T \geq T_N / f_{Bmax}$ ) и то за преношење мањих обртних момената, када први мањи редуктор не може да задовољи (област  $T_N / f_{Bmax} \geq T \geq T_N / f_{Bmax}^2$ ).

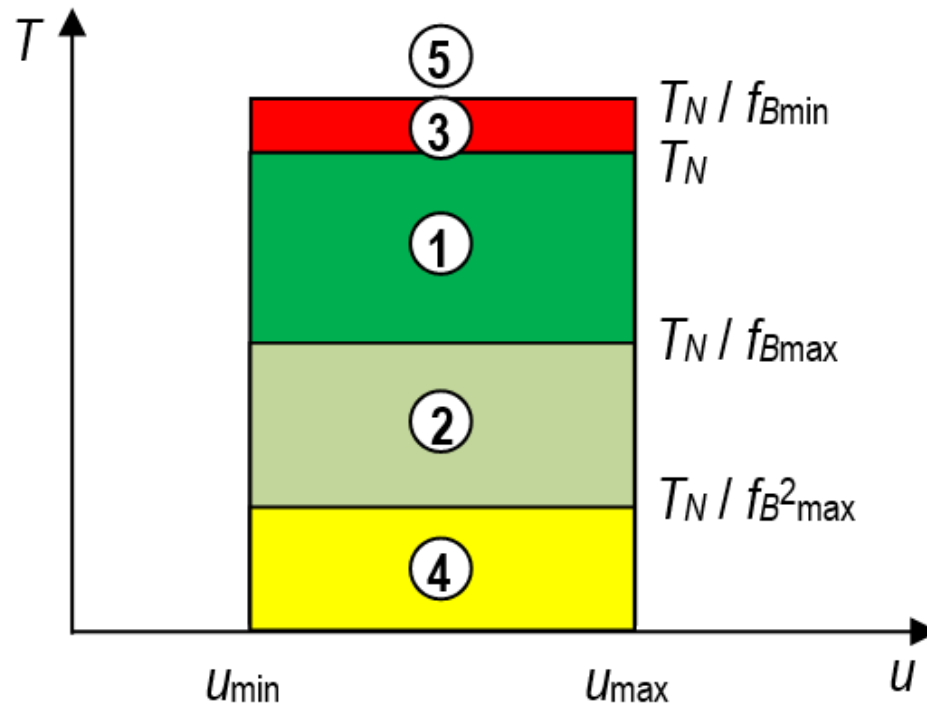


- 1 – област основне примене,
- 2 – област допунске примене,
- 3 – област краткотрајне примене,
- 4 – област у којој је редуктор предимензионисан,
- 5 – критична област у којој долази до тренутне хаварије редуктора

Област примене универзалног зупчастог редуктора

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- У области **испод**  $T_N / f_{Bmax}^2$ , посматрани редуктор се обично не користи, јер је јако предимензионисан, већ се у тој области користи прва мања величина, наравно ако постоји.

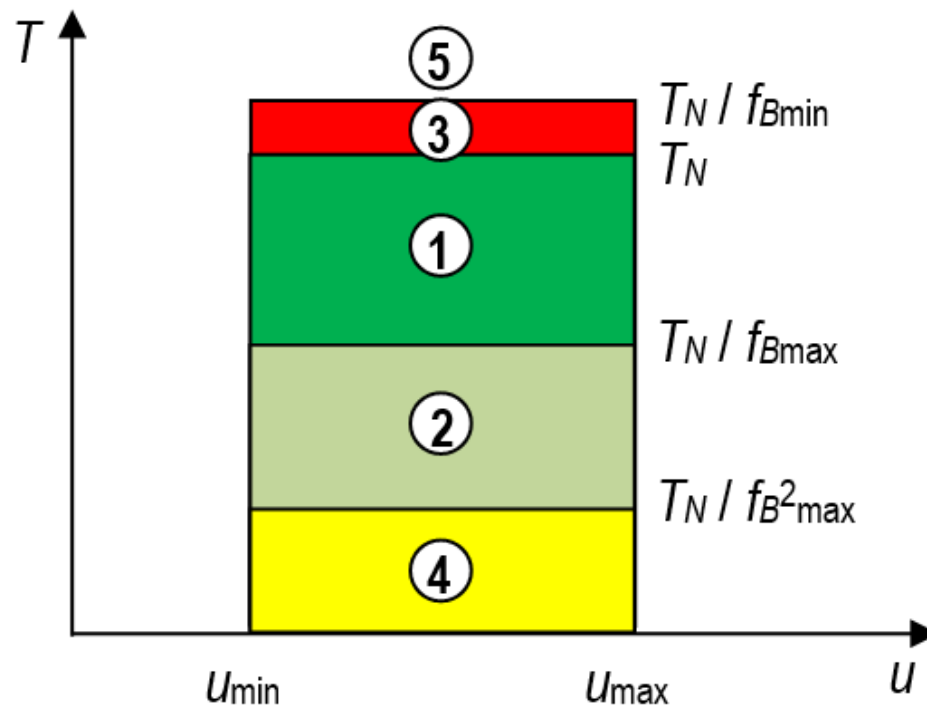


- 1 – област основне примене,
- 2 – област допунске примене,
- 3 – област краткотрајне примене,
- 4 – област у којој је редуктор предимензионисан,
- 5 – критична област у којој долази до тренутне хаварије редуктора

Област примене универзалног зупчастог редуктора

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

■ За случај краткотрајних погона и мирног оптерећења, дозвољава се његово незнатно преоптерећење (област критичне примене  $T_N / f_{Bmin} \geq T \geq T_N$ ) када ће тај редуктор брже пропадати.



- 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

■ Овакво преоптерећење је могуће и са становишта степена сигурности појединих елемената, јер је минимална вредност погонског фактора обично  $f_{Bmin} = 0,8$ , па је највеће оптерећење:

$$T_{max} = T_N / f_{Bmin} = T_N / 0,8 = 1,25 T_N$$

■ То је мање од критичног оптерећења, које произилази на основу минималног степена сигурности  $S_{min} = 1,3$ , тако да то оптерећење не разара конструкцију, али јој ни не гарантује неку дуготрајност нити потпуну сигурност.

- Што се тиче бројчаних вредности **номиналних обртних момената ( $T_N$ )** стандард предвиђа бројеве из **стандардног реда R20** и тих бројева се већина произвођача редуктора и придржава али их касније, при дефинисању стварне носивости појединих редуктора, при појединим преносним односима, најчешће коригује на стварну вредност.
- При дефинисању носивости мора се узети у обзир и **конкуренција**, тј. вредности техничких карактеристика које они дају за своје редукторе, јер се ипак мора обезбедити **могућност узајамне заменљивости**, пошто усклађивање носивости редуктора са његовим осним висинама, нажалост, још увек није дефинисано стандардом.

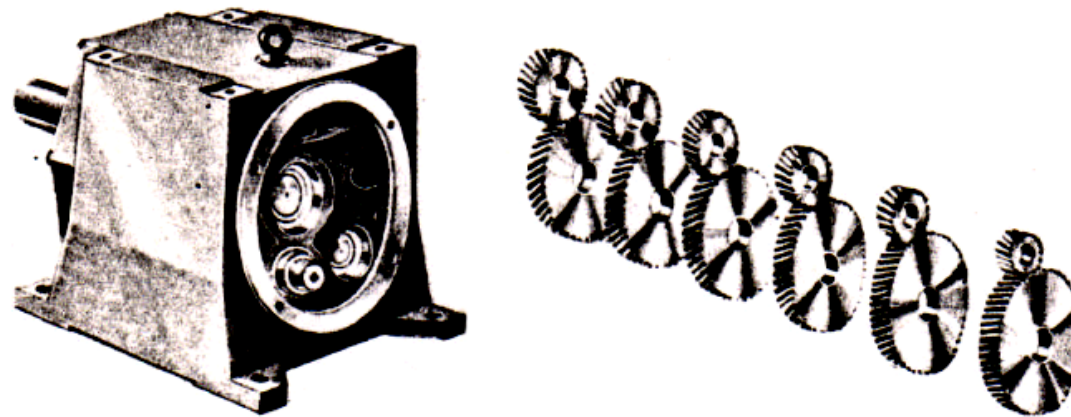
Што се тиче величине **преносних односа ( $i$ )** она се одређује у зависности од низа фактора, а пре свега од:

- усвојене концепције редуктора,
- расположиве технологије,
- стварних потреба у оквиру дотичног реда.

У принципу, тежи се да се по једном зупчастом пару постигне што већи преносни однос.

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Произвођачи универзалних редуктора настоје да у оквиру сваке величине редуктора обезбеде што већи број различитих преносних односа, како би могли што потпуније да удовоље захтевима купаца.
- За преносне односе се обично усвајају бројеви из **стандардног реда R20** и дефинишу се на две децимале.



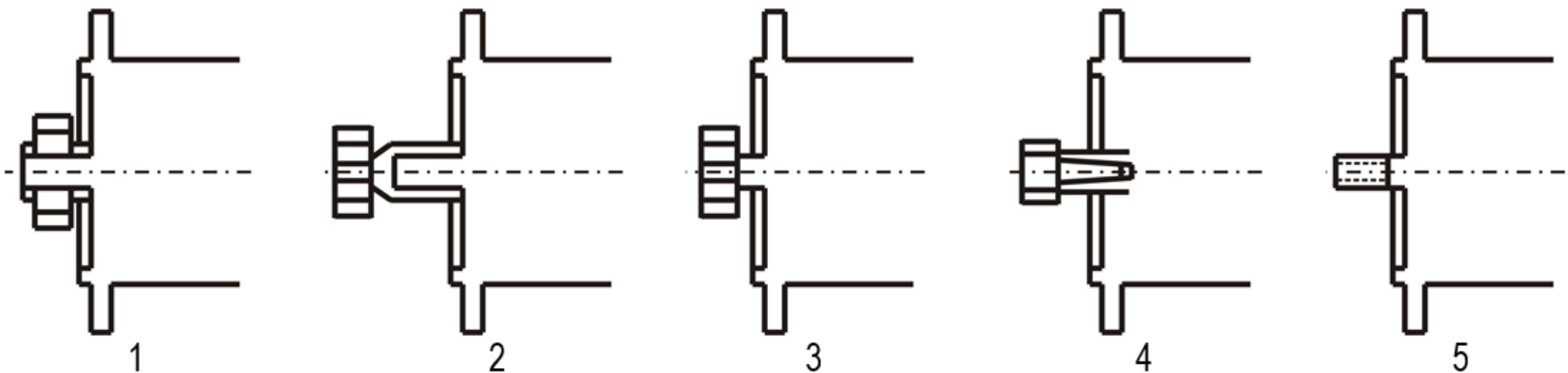
- **Стварне вредности преносних** односа незнатно одступају од стандардних бројева, јер их је тешко постићи, због унапред одређеног осног растојања, модула зупчаника и угла нагиба бока зубаца.
- Треба избегавати целе бројеве преносних односа за једностепене редукторе ( $u = 1,00; 2,00; 4,00; 8,00; 9,00; 10,00$  итд.) јер се њима остварује спрезање увек истих бокова зубаца, што код зупчастих редуктора није пожељно, јер се тиме не обезбеђује њихово равномерно хабање.



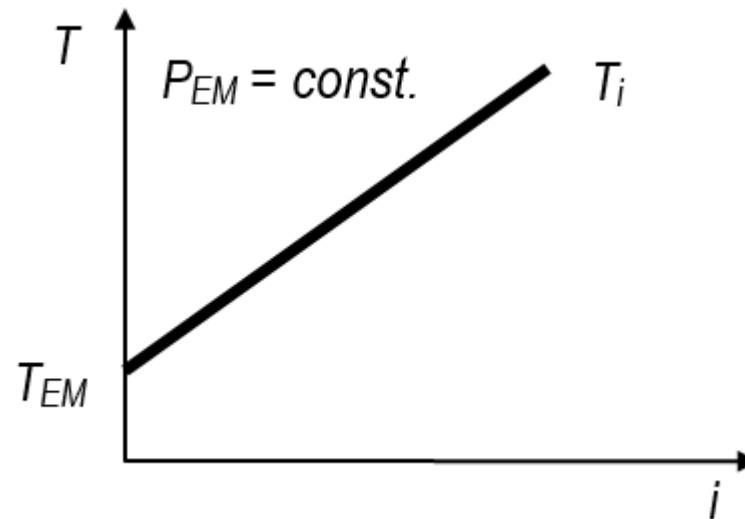
- Није рационално ићи на сувише велике преносне односе по једном зупчастом пару, јер је у екстремним случајевима јефтиније израђивати двостепене редукторе са мањим парцијалним преносним односима.
- Обично се у оквиру једноступених редуктора, иде **до 6,3 (7,1)**, мада има произвођача који израђују једноступене редукторе са преносним односом и до 8 (10), али не и већим од 12,5 (*Lenze*).

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- До овако велике разлике у величини преносних односа долази услед другачије концепције израде првог зупчаника.
- У првом случају зупчаник се поставља на вратило, док се у другом случају он израђује изједна са вратилом (као зупчато вратило) или се утискује у посебну чауру, која се поставља на вратило електромотора, или се утискује у вратило електромотора.



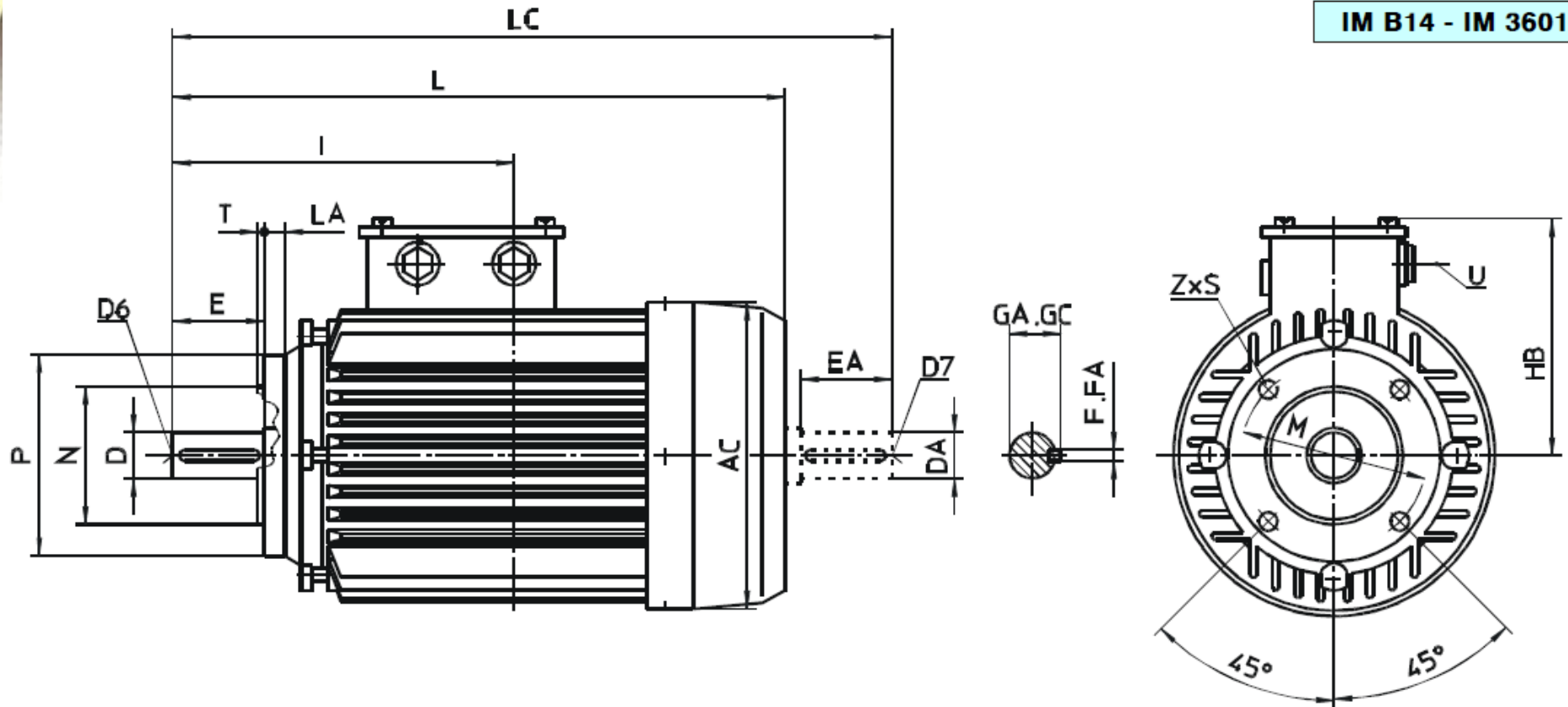
- С обзиром да су тзв. моторни редуктори намењени, пре свега, за директно повезивање са електромотором, мада се они испоручују и у тзв. без моторној верзији, потребно је ускладити карактеристике редуктора са карактеристикама електромотора који су предвиђени да се са њим повезују.



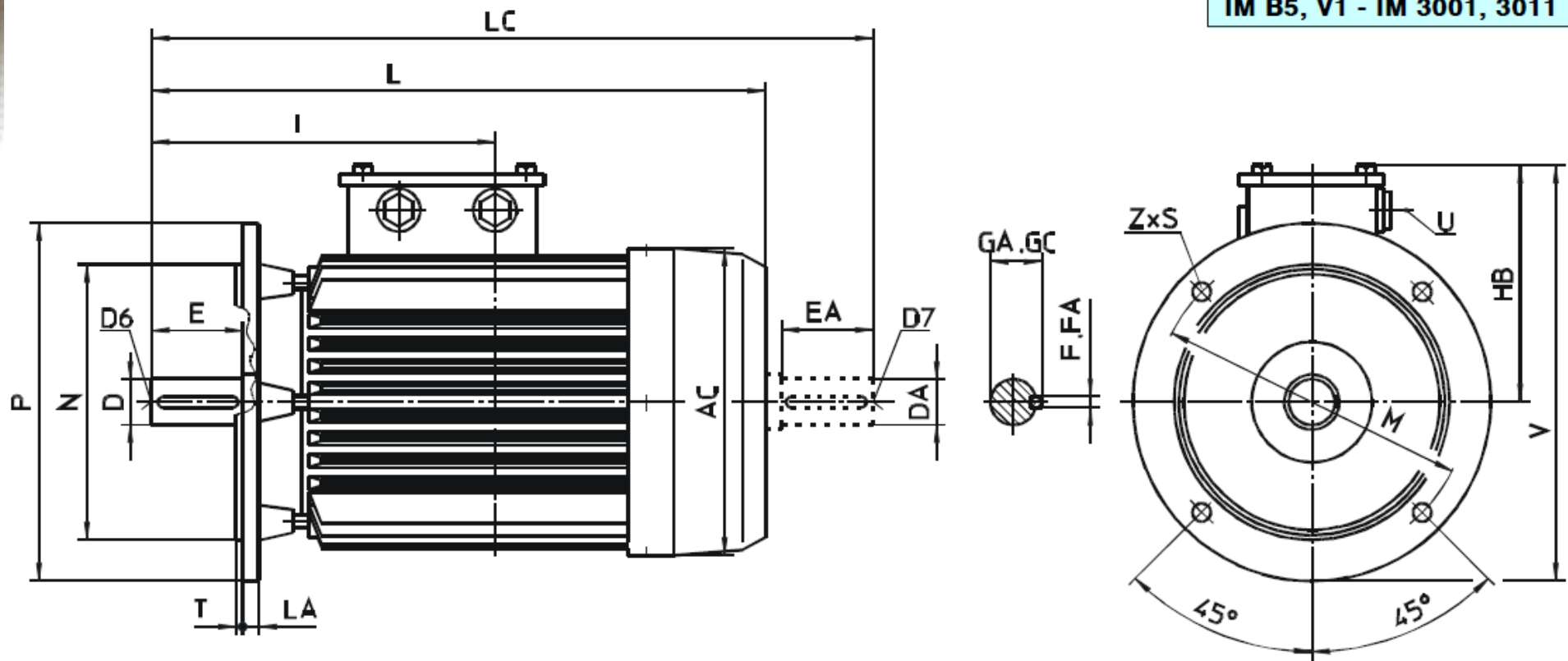
*Графички приказ промене излазног обртног момента у зависности од величине преносног односа редуктора*

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

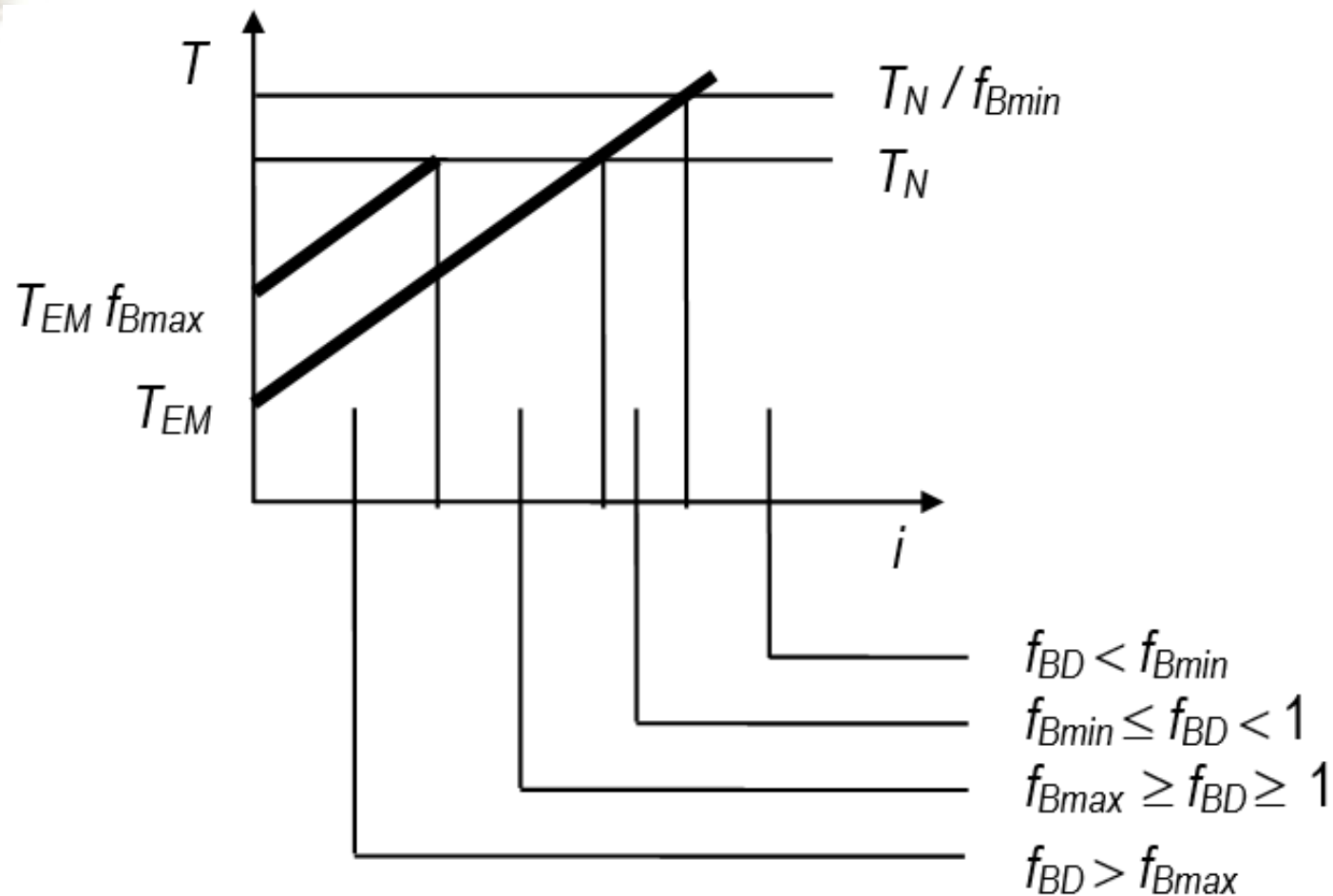
IM B14 - IM 3601



# Поступак дефинисања техничких карактеристика



# Поступак дефинисања техничких карактеристика



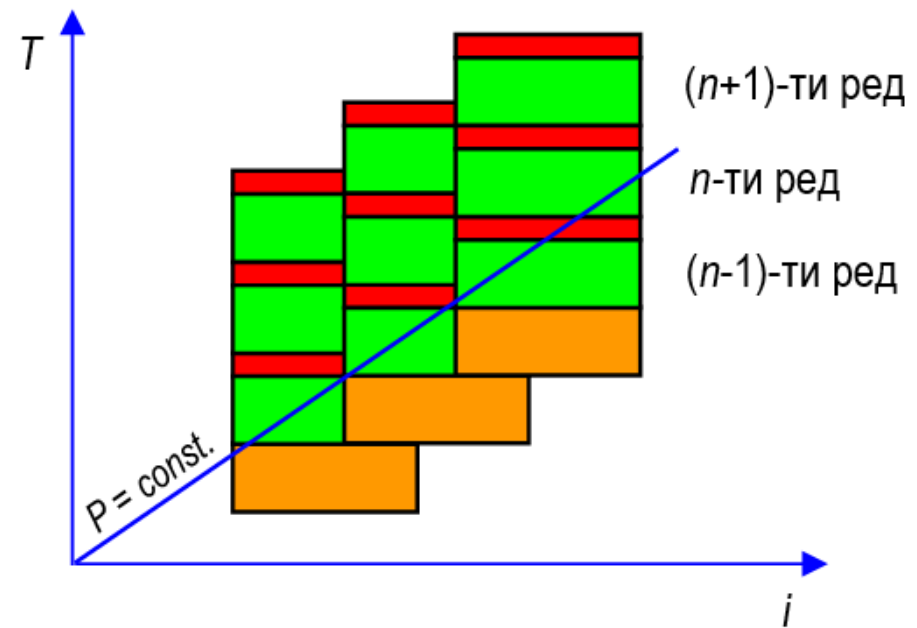
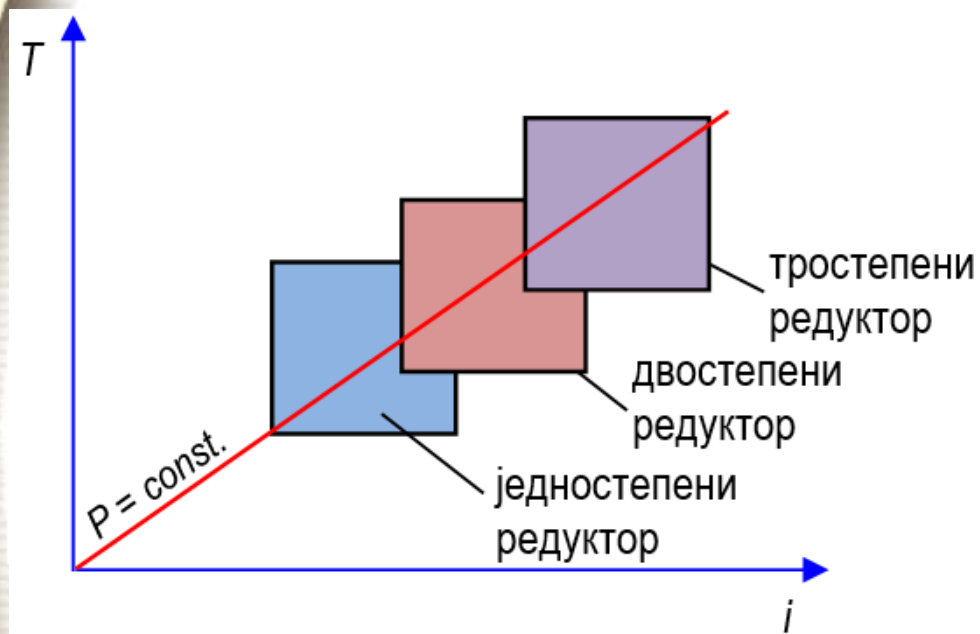
Графички приказ области обртних момента које покрива моторни редутор

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Дефинисањем основних величина електромотора, које ће се везивати са појединим редукторима, које се врши **на основу могућности повезивања (осне висине), расположиве снаге и броја обртаја**, одређени су и обртни моменти које треба пренети редуктором.
- При дефинисању снага разматрају се **само четворополни мотори**, с обзиром да они имају најповољније полазне карактеристике и с обзиром да се они најједноставније и најбрже набављају.
- За погон моторних редуктора обично се користе трофазни асинхрони мотори.

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Да би покрили што већу област захтева тржишта, произвођачи су принуђени да производе вишестепене редукторе и више величина редуктора, тј. фамилију универзалних зупчастих редуктора.

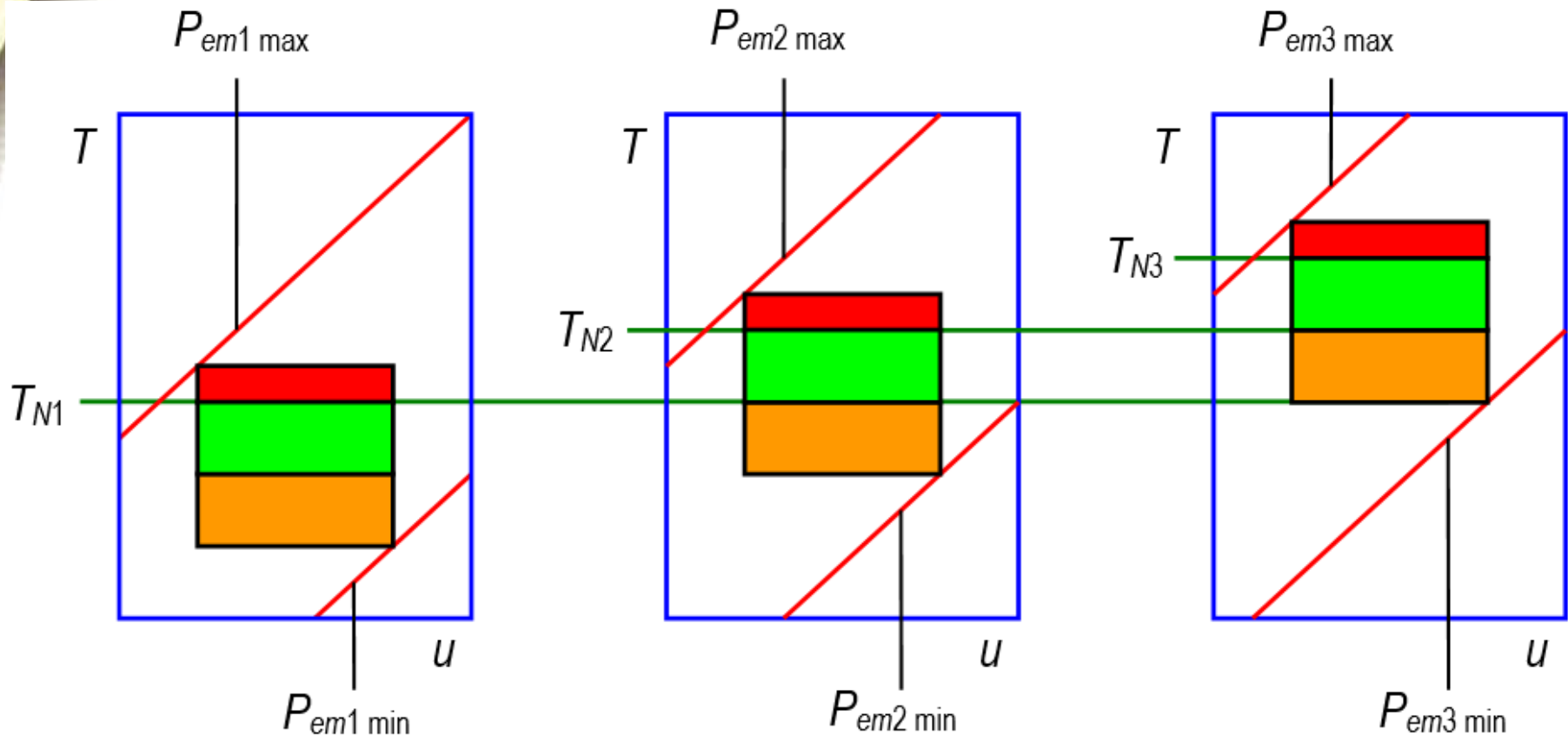


*Карактеристична област примене вишестепених редуктора (1) и карактеристична област примене фамилије универзалних редуктора (2)*



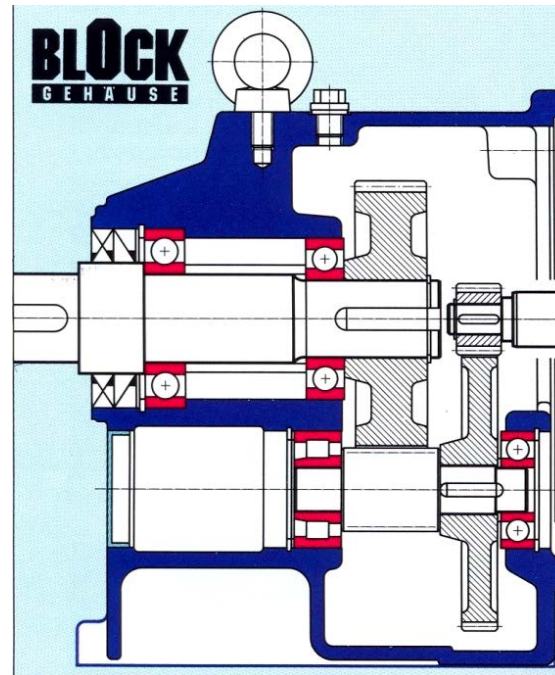
- На основу снага (обртних момената) мотора и граничних вредности преносних односа и могућих номиналних вредности обртних момената, на основу тзв. дијаграма снаге, одређују **се стварне вредности номиналних обртних момената** за поједине величине редуктора.

# Поступак дефинисања техничких карактеристика



Графички приказ области обртних момената које се покривају са појединим величинама

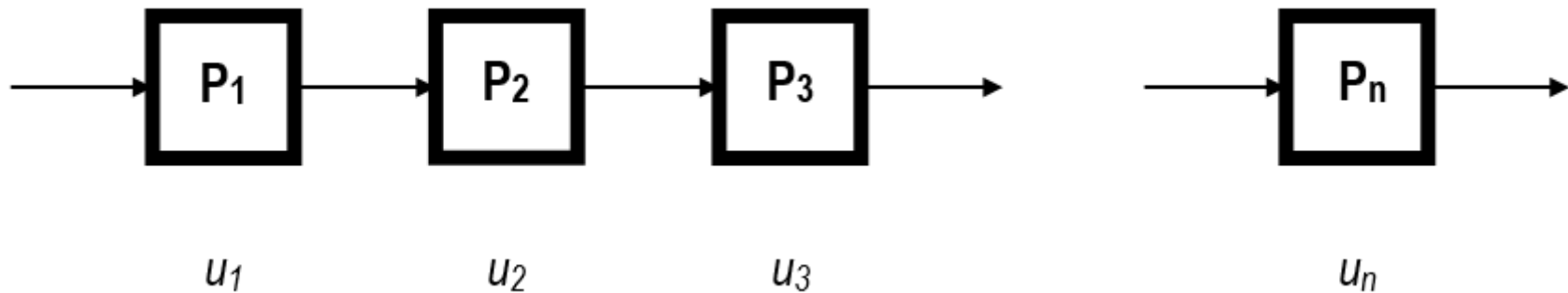
■ **Начин постизања различитих преносних односа** (углавном су то бројеви из стандардног реда R20) зависи од усвојене концепције везе мотора са редуктором, мада се у принципу тежи да буде што мање излазних, великих и скупих зупчастих парова, а што више улазних, малих и јефтиних.

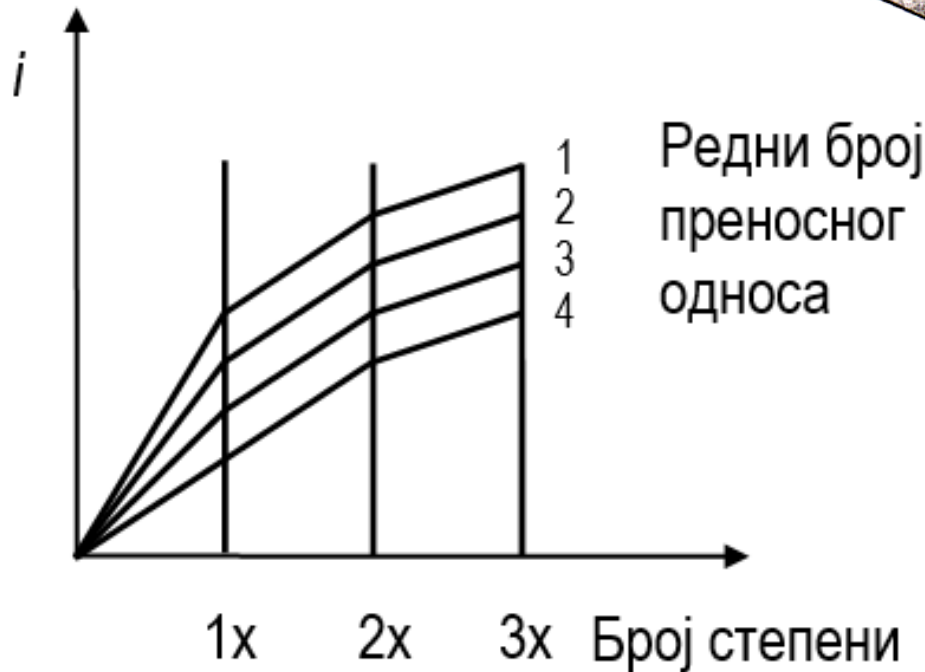
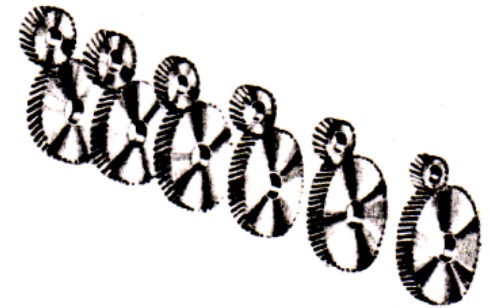
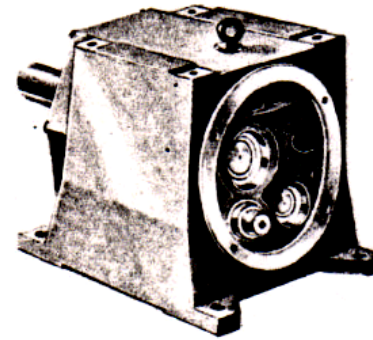


# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Код вишестепених преносних односа укупан преносни однос се добија множењем појединих преносних односа, тј.

$$U = U_1 U_2 U_2 \dots U_n$$

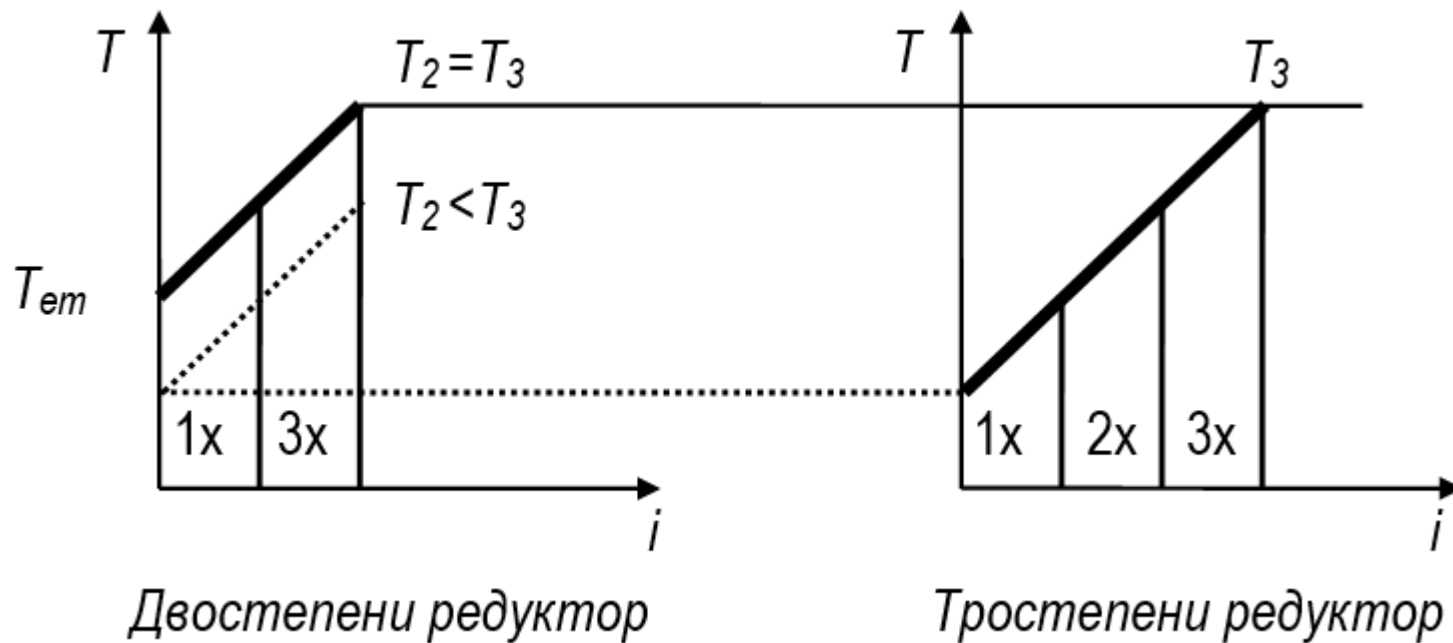




*Шематски приказ расподеле преносних односа у оквиру појединих степени зупчастих редуктора*

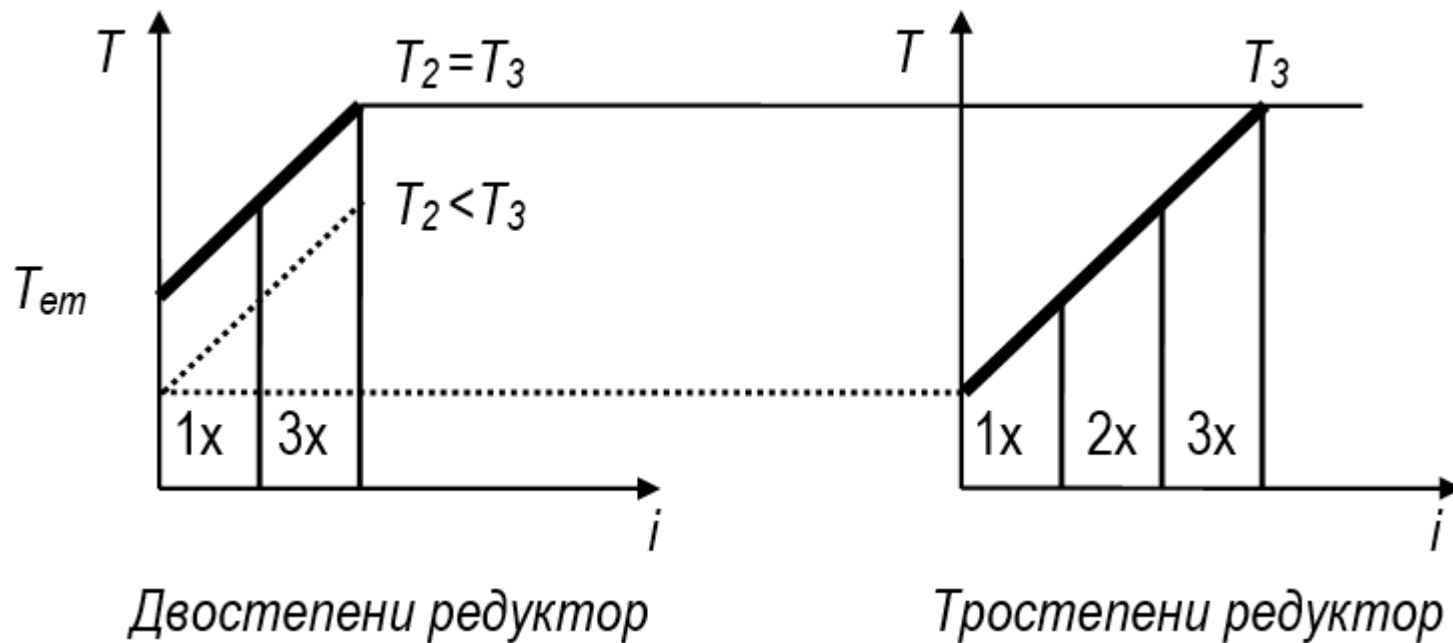
# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Дефинисање носивости редуктора, у оквиру дво и тростепене варијанте, зависи, поред усвојене концепције преносника, и од усвојених преносних односа и, свакако, од предвиђених величина (снага) електромотора са којима се предвиђа да се повезује дотични редуктор.



# Поступак дефинисања техничких карактеристика

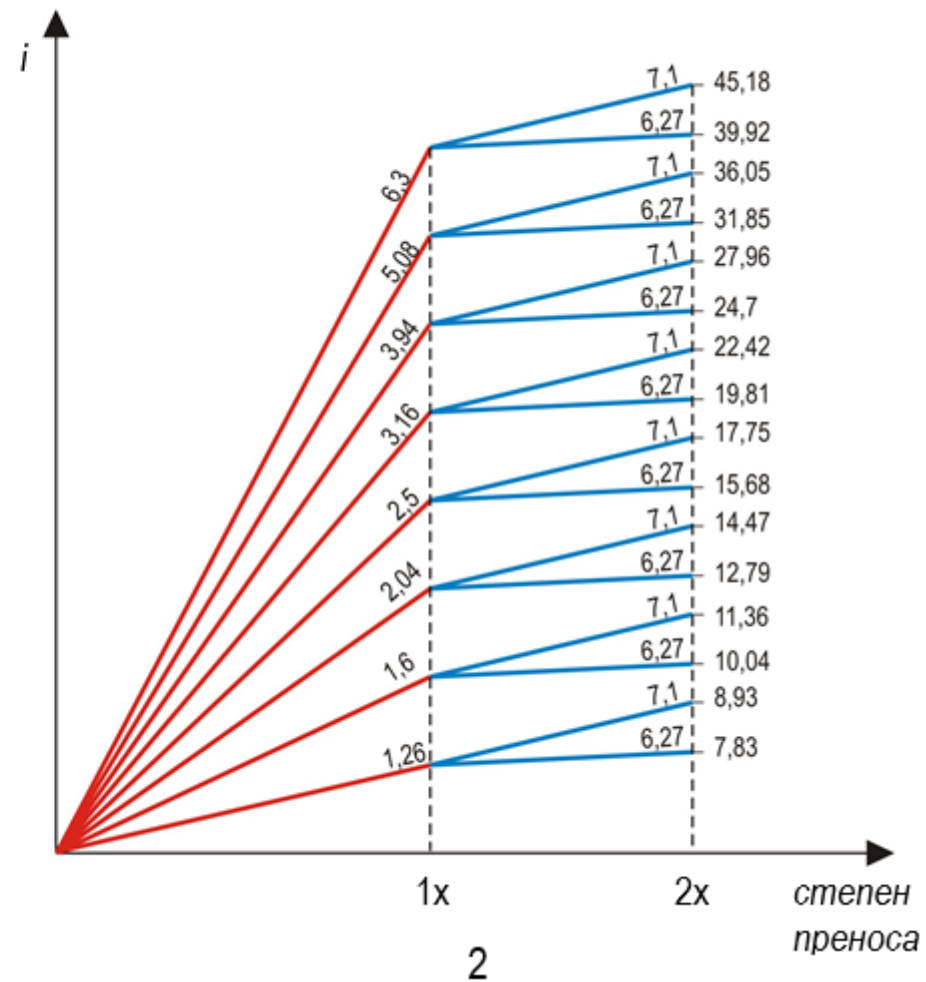
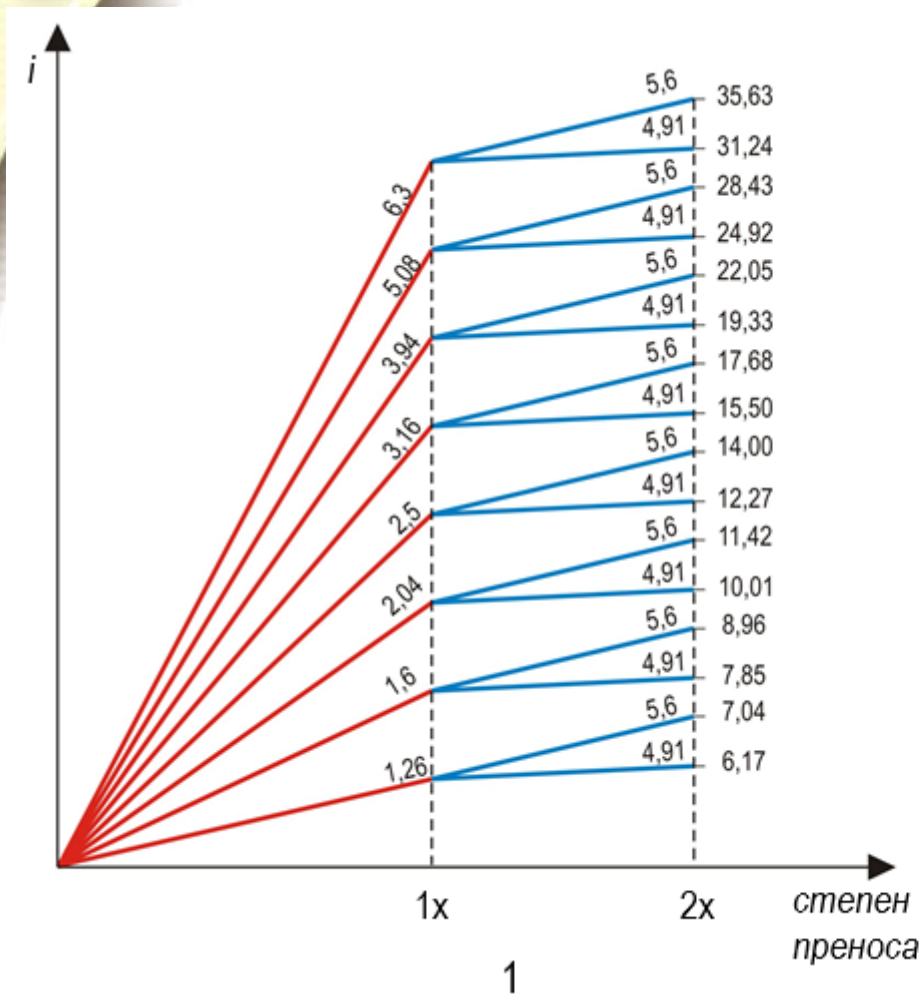
- Концепција 1: двостепени редуктори се израђују у посебном кућишту за двостепене редукторе, а да се тростепени раде комбинацијом дво и једноступених редуктора, произилази да се за тростепену верзију мора користити прва мања величина једноступеног редуктора.



- **Концепција 2: исто кућиште се користи за израду дво и тростепених редуктора, тј. када се користе иста излазна вратила и исти излазни зупчасти парови, који ће се: или у двостепеној варијанти користити нерационално, или се у двостепеној варијанти морају користити јачи први парови (што је најчешћи случај) тако да се у оквиру тростепених редуктора морају користити први парови из прве мање величине двостепених редуктора.**



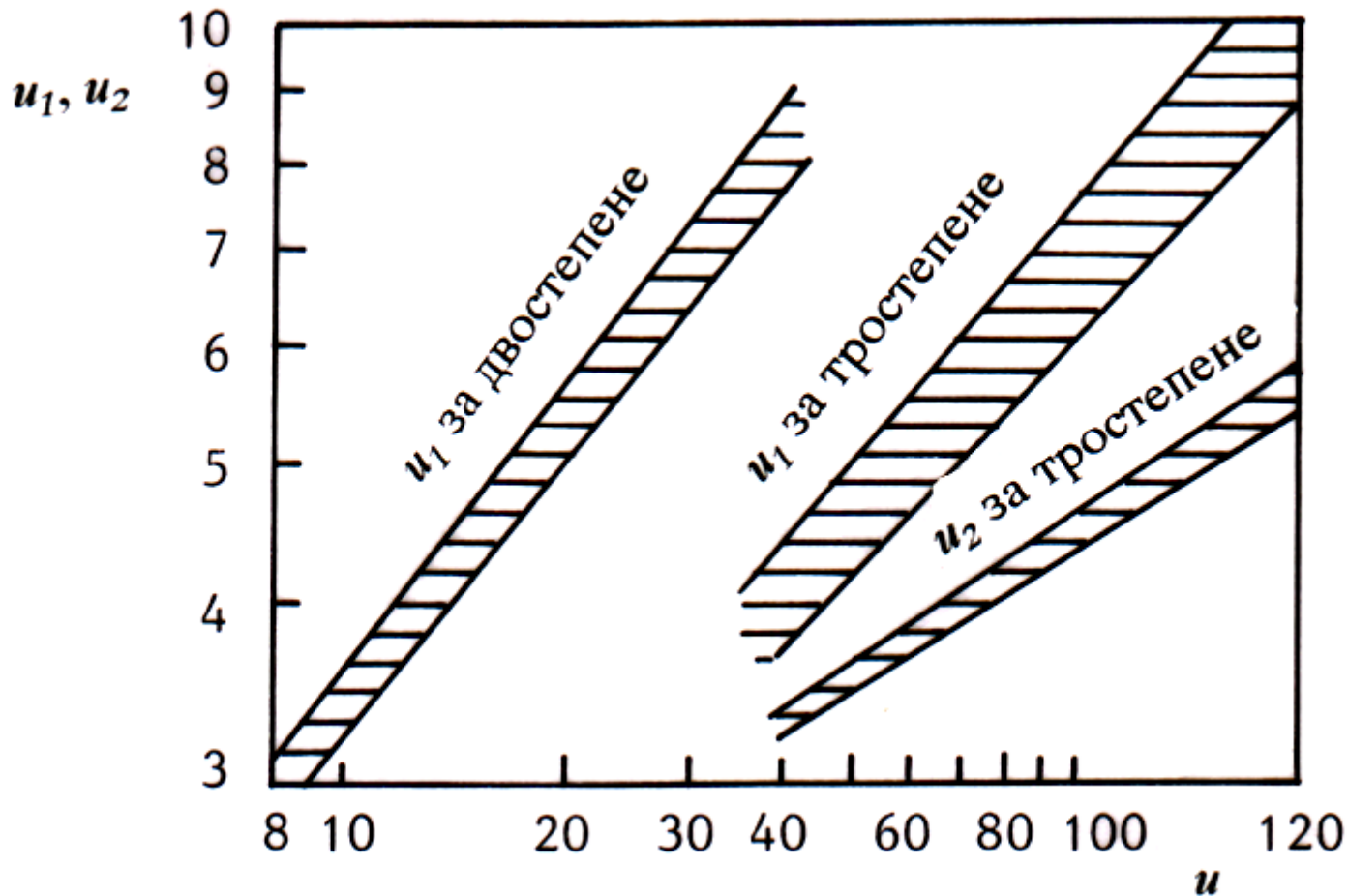
# Поступак дефинисања техничких карактеристика



1 – основна варијанта ( $T_N = 450 \text{ Nm}$ ), 2 – слабија варијанта ( $T_N = 300 \text{ Nm}$ )

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Вредности појединих преносних односа обично се одређују на основу разних препорука у виду дијаграма.



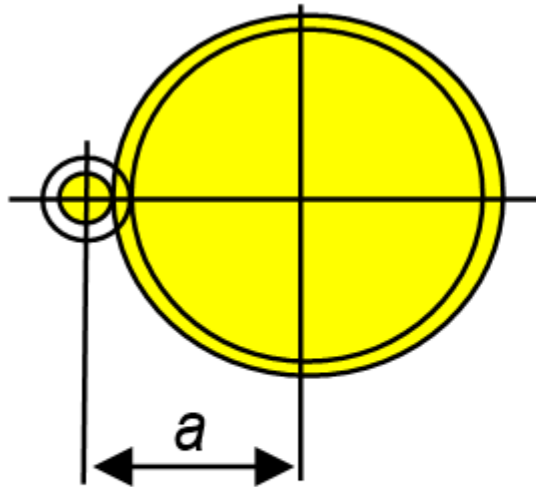
- При повећању преносних односа обично се иде до границе када је јефтиније, са становишта утрошеног материјала и машинске обраде, уградити **два зупчаста пара уместо једног**.
- Величина највећег преносног односа утиче, у појединим случајевима, на **степен искоришћења**. Наиме, уместо двостепених у неким случајевима могу се користити једностепени, или уместо тростепених у неким случајевима двостепени, итд.
- Поред тога, тиме се постиже, у неким случајевима, **компактнија и јефтинија конструкција**, мада је она у осталим случајевима скупља због тога што се увек користе већи зупчаници, због већих међуосних растојања.

У оквиру исте осне висине редуктора преносни однос редуктора **може се повећати** на више начина:

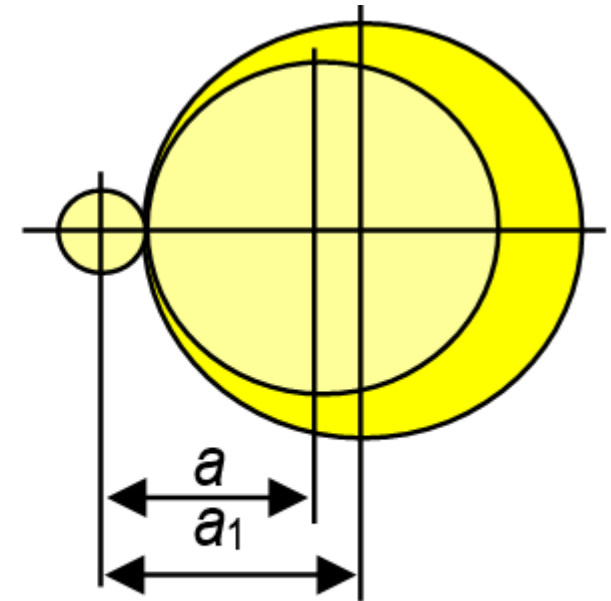
- смањењем погонског зупчаника:
- применом квалитетнијих материјала,
- смањењем модула зупчаника,
- смањењем броја зубаца,
- смањењем модула зупчаника и броја зубаца.

У оквиру исте осне висине редуктора преносни однос редуктора **може се повећати** на више начина:

- повећањем гоњеног зупчаника:
- повећањем броја зубаца зупчаника, што по правилу захтева повећање међуосног растојања и измену облика кућишта, отварање спороходне и/или брзоходне коморе кућишта (да би се велики зупчаници могли убацити у кућиште) и сл.



1



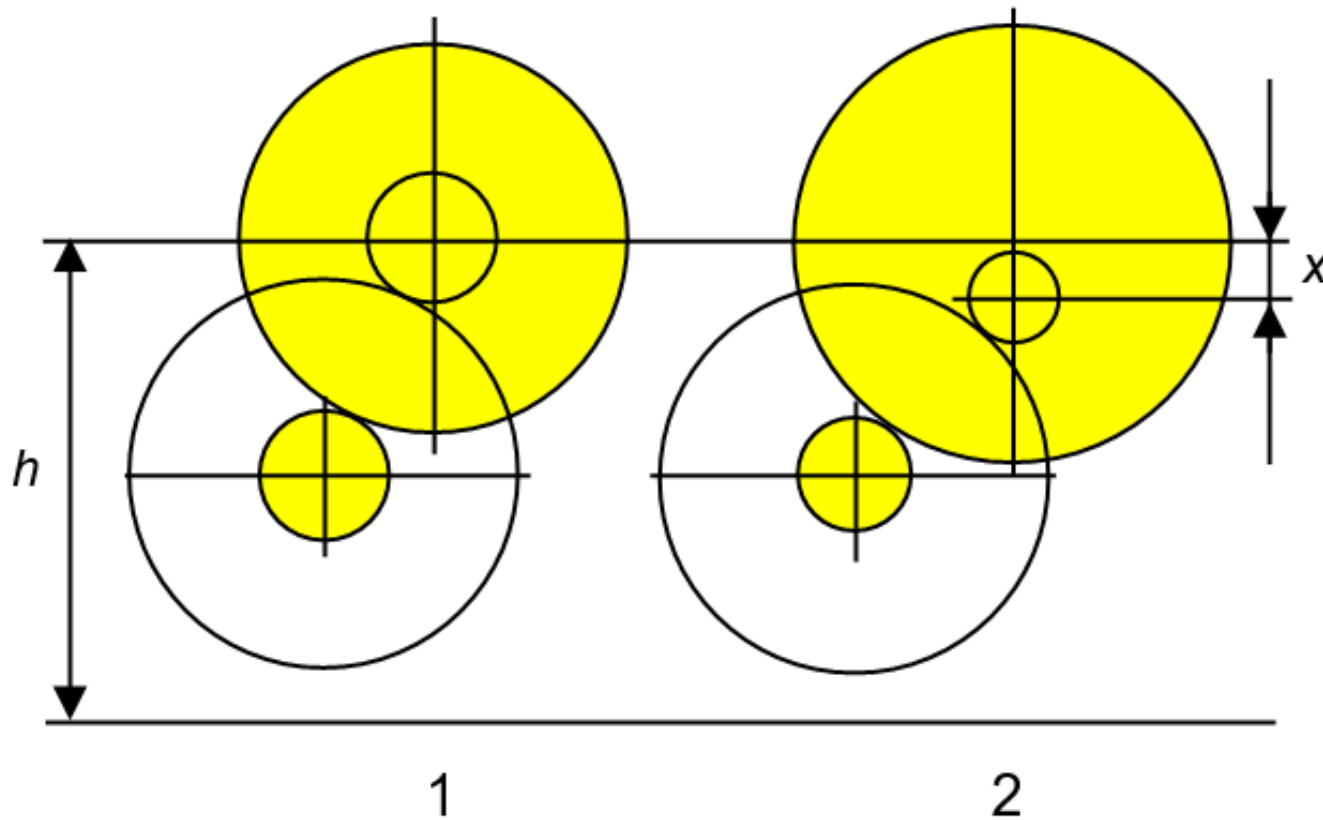
2

*Шематски приказ начина повећања преносног односа смањењем пречника мањег зупчаника (1) и повећањем међуосног растојања (2)*

# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- У почетку је била присутна тежња да се редуктори израђују као **коаксијални** редуктори.
- Међутим, да би се повећали преносни односи, у оквиру сваке осне висине редуктора, **повећавала су се међуосна растојања**, посебно излазног пара
- Због тога је **спуштена оса улазног вратила**, да се не би смањио преносни однос првог пара.

# Поступак дефинисања техничких карактеристика



*Графички приказ узрока напуштања саосних редуктора (1) класично решење двостепеног зупчастог саосног редуктора и (2) са повећањем пречника гоњеног зупчаника излазног пара и задржавањем постојећег првог пара дошло је до нарушавања саосности улазног и излазног вратила код двостепених (и тростепених) редуктора*



# Поступак дефинисања техничких карактеристика

- Називни обртни момент ( $T_N$ ) представља највећи обртни момент са којим се трајно може оптеретити редуктор.
- Називни обртни момент се **дефинише према критичном елементу**, док остали елементи најчешће могу да пренесу и нешто већи обртни момент.
- С обзиром да су зупчаници најскупљи елементи у редуктору настоји се да се они максимално искористе па су зато обично зупчаници и лежаји критични елементи.

## Осна висина редуктора - $h$

- Осна висина редуктора је једна од најважнијих карактеристика редуктора јер од ње зависи величина преносног односа и вредност номиналног обртног момента. Осна висина је прописана стандардом и за њене вредности треба усвајати бројеве из стандардног реда R20.



- С обзиром да је стандардни ред R20 прилично густ већина произвођача редуктора усваја нешто ређи ред R20/2 односно R10 тј. бројеве са фактором пораста  $q_h = 1,25$ . Наиме, пораст обртних момената

$$T_N \geq T \geq T_N / f_{Vmax}$$

дефинише и пораст осних висина (међуосног растојања и модула) и износи:

$$q_T = q_i^3$$

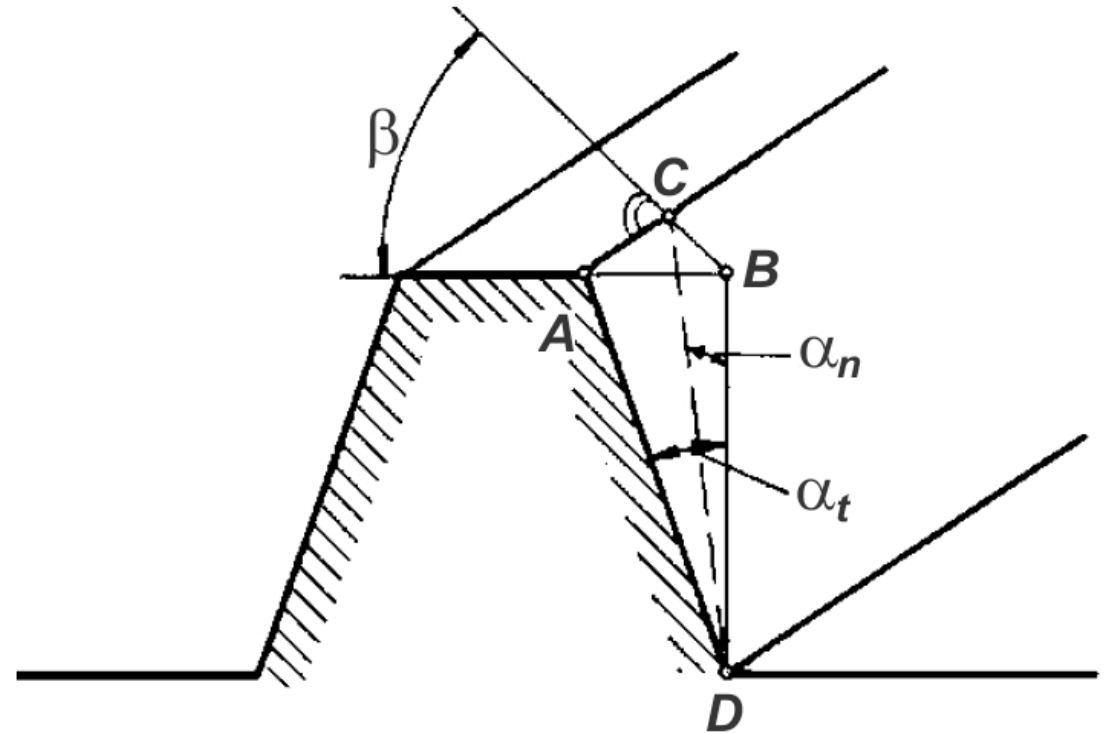
На пример, за пораст момента са фактором  $q_T = 2$  (што одговара реду R20/6) долази до пораста осне висине са фактором  $q_i = 1,25$  (што одговара реду R10).

- Да би се могла обезбедити **узајамна заменљивост** редуктора, произвођачи редуктора настоје да усвоје такве вредности осних висина које ће им то омогућити.
- Због непостојања стандарда из ове области данас се осне висине редуктора **фирме SEW**, као водећег светског произвођача индустријских редуктора, сматрају као "стандард" и према њима готово сви произвођачи редуктора усклађују димензије својих редуктора.
- Карактеристичне димензије универзалних зупчастих редуктора водећег светског произвођача (SEW) дате су у **каталозима**.

## Цилиндрични зупчаници са косим зупцима

следи:

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta}$$



## Цилиндрични зупчаници са косим зупцима

■ Величине  $m_n$  и  $m_t$  означавају модуле зупчаника у чеоном и нормалном пресеку. Вредности модула  $m_n$  одговарају стандардним вредностима модула датим у табели стандардних вредности.

■ Модул у чеоној равни:

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

■ Корак у чеоној равни:

$$p_t = \frac{p_n}{\cos \beta}$$

■ Померање профила, у обе равни:

$$x_n m_n = x_t m_t = x_t \frac{m_n}{\cos \beta}$$

## Цилиндрични зупчаници са косим зупцима

- Следи да је **фактор померања профила у чеоној равни:**

$$x_t = x_n \cos \beta$$

- **Подеони пречник у чеоној равни:**

$$d = m_t z = \frac{m_n}{\cos \beta} z$$

Због тога су косозуби зупчаници нешто већег пречника од правозубих.

- **Основни пречник у чеоној равни:**

$$d_b = d \cos \alpha_t$$



## Цилиндрични зупчаници са косим зупцима

- Кинематски пречник у чеоној равни:

$$d_w = d \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$$

- Подножни пречник у чеоној равни :

$$d_f = d - 2m_n (1 + c_{ao} - x_n)$$

- Темени пречник у чеоној равни:

$$d_a = 2a - d_f - 2cm_n$$

ОДНОСНО

$$d_a = d + 2m_n (1 + x_n)$$

$c$  - коефицијент теменог зазора ( $c = 0,2$ ) и  
 $c_{ao}$  - коефицијент висине заобљеног дела  
профила зупца ( $c_{ao} = 0,25$ )

## Цилиндрични зупчаници са косим зупцима

### ■ Осно растојање:

$$a = m_t \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}}$$

# Питања ...

