

UDK 621.833.1:681.3

Snovanje zobniških gonil z valjastimi zobniki s pomočjo računalnika

JOŽE FLAŠKER — J. JAMNIKAR — V. PODGORNIK — J. ŽILJCOV

1.0. UVOD

Razvoj v svetu je takšen, da terja ponudba izdelka, kar se da realno ceno.

Čim bolj se s ceno približamo dejanskim stroškom, bolje lahko načrtujemo proizvodnjo in tudi prihodek.

Cena novega izdelka je več ali manj odvisna od cene kalkulanta in njegovih izkušenj.

Pri snovanju gonil z računalnikom se približnim ocenam cene izdelka lahko povsem izognemo.

Z računalniškimi programi, ki so na voljo, lahko hitro, preprosto in poceni na novo zasnujemo eno-, dvo- ali večstopenjsko gonilo, za različne namene in razmere pri delu. Z računalniškim programom zasnovano gonilo iz tehniškega, tehnološkega in izdelovalnega vidika oceni strokovnjak, ki je dobro seznanjen s teorijo o gradnji gonil in praktičnimi zmožnostmi izdelovalca.

2.0. ZASNOVA PROGRAMA

Za celotno zasnovno zobniško gonila so na voljo programi RED, ZOBNIK in GOST.

Zasnova programa je takšna, da lahko na podlagi osnovnih želenih karakteristik, ki naj jih ima gonilo (moč, vstopna vrtilna hitrost, izstopna vrtilna hitrost, vrste materialov zobnikov), določi osnovne vrednosti za vsako stopnjo posebej:

- modul,
- standardni osni razmik (če je bila takšna zahteva),
- prestavno razmerje (po kriterijih, vgrajenih v programu),
- geometrične izmere obeh zobnikov,
- trdnostno kontrolo, izračun varnosti na upogib in Hertzov tlak,
- stopnjo hrapavosti,
- skico posamezne stopnje v določenem merilu, z izpisanimi vrednostmi, ki jih potrebuje konstrukter pri izdelavi delavnške risbe zobnikov in gonila.

Po tej fazi sledi strokovna ocena zaslove s tehniškega in tehnološkega vidika.

Če se pokažejo pomanjkljivosti zaslove, je treba spremeniti nekatere parametre.

Običajno zadostuje spremembu materiala za izdelavo zobnikov, če to ni dovolj, je treba na novo razdeliti celotno prestavo na posamezne stopnje. S spremenjenimi parametri ponovimo postopek zaslove gonila.

2.1. Dialog z računalnikom

Prva verzija programa je bila napravljena za računalnik IBM 1130. Snovanje gonil s programi na računalniku IBM 1130 je počasno, če pri gradnji gonil nimamo dovolj praktičnih izkušenj. Z računalnikom IBM 1130 ne moremo vzpostaviti delovnega stika. Da bi zvečali hitrost snovanja so programi preneseni na računalnika DELTA 340/40 in ISKRADATA C 18/20, ki omogočata neposreden delovni stik med konstrukterjem in računalnikom.

Snovanje gonil je z uporabo teh računalnikov preprostejše in hitrejše kakor na IBM 1130. Običajno imamo po že drugi spremembni določenih parametrov zaželeno zasnova gonila.

3.0. DOLOČITEV PREMEROV GREDI IN LEŽAJEV

Po zadovoljivi zasnovi gonila, izračunamo premere gredi in dobo trajanja ležajev.

Za določitev premerov gredi moramo imeti podatke o legah in dolžinah gredi. Po teh podatkih lahko določimo natančne obremenitve gredi in sile, ki obremenjujejo ležaje.

Za želeno dobo trajanja izberemo potem najbolj ustrezni ležaj, ali pa za izbran ležaj izračunamo dobo trajanja.

Vstopni in izstopni premeri gredi so določeni po mednarodnih predpisih.

4.0. PRIKAZ ZASNOVE GONILA NA PRAKTIČNEM PRIMERU

4.1. Osnovni podatki

Želimo na novo zasnovati gonilo z naslednjimi podatki:

- moč gonila $P = 75 \text{ KW}$,
- vstopna vrtilna hitrost $n_1 = 1450 \text{ vrt./min}$,
- izstopna vrtilna hitrost $n_2 = 95 \text{ vrt./min}$,
- kot poševnosti $\beta_0 = 0^\circ$,
- koeficiente premika profila osnovne zobnice $x_1 + x_2 \approx 1,0$.

Materiali vseh dvojic zobnikov naj bodo enaki, in sicer jeklo Č.4372 (indukcijsko kaljeni zobniki).

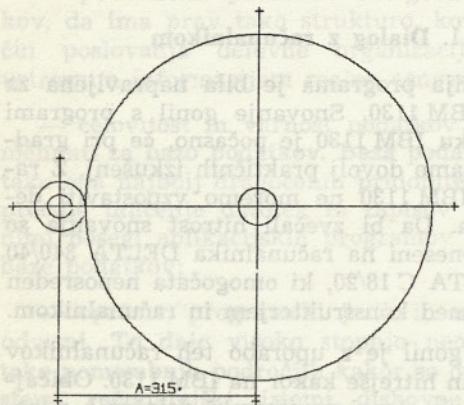
Želimo dvostopenjsko gonilo s standardnimi osnimi razmiki.

4.2. Prva zasnova gonila

Po že omenjenih podatkih iz dela računalnik prvo zasnovno gonila (sl. 1 in 2).

MERILO 1/5

1. STOPNJA

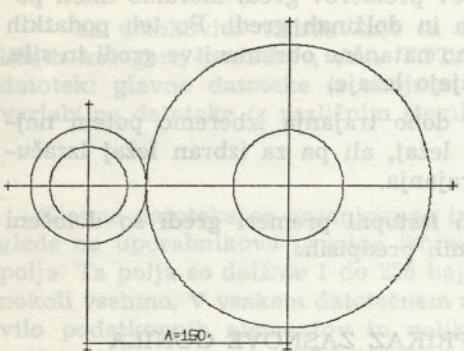


Z1 = 20	Z2 = 135	XLM = 2.40000	XEM = 2.63355
OG1= 35.00000	OG2= 50.00000	F = 12153.25	ALF=22.3525
OD1= 50.00001	OD2= 540.00012	FA= 0.00	MT1= 494.05
I = 5.75000	MN = 4.0	FR= 4424.15	MT2= 3334.65
SI = 51.	S2 = 51.	JZ1= 4	JZ2= 17
W1 = 44.954535	W2 = 204.415932	KVAL = 9	

Slika 1*

MERILO 1/2.5

2. STOPNJA



Z1 = 18	Z2 = 44	XLM = 3.00000	XEM = 2.53023
OG1= 60.00000	OG2= 65.00001	F = 71721.95	ALF=24.44335
OD1= 90.00001	OD2= 220.00003	FA= 0.00	MT1= 3314.55
I = 2.44444	MN = 5.0	FR= 25130.12	MT2= 6131.55
SI = 255.	S2 = 250.	JZ1= 3	JZ2= 5
W1 = 40.156447	W2 = 65.053034	KVAL = 10	

Slika 2*

4.2.1. Analiza prve zasnove

S slik 1 in 2 ter iz rezultatov izračuna ugotovimo, da gonilo ni zasnovano najbolje. Razdelitev celotne prestave na posamezne ni najprimernejša. Prav tako je velika razlika med osnimi razmiki posameznih stopenj in med širino zobnikov v prvi in drugi stopnji. Materiali so dobro izkoriščeni, kar kažejo kontrolni preračuni za varnost.

* Rezultati so izraženi v enotah SI: mm, N, Nm.

4.3. Druga zasnova gonila

S poskušanjem spreminjačmo prestavno razmerje v prvi stopnji. Po nekaj poskusih (dveh ali treh) ugotovimo, da bi bilo najprimernejše vnesti za prestavno razmerje $i_1 = 4.85$. Vse drugo pustimo enako kakor pri prvi zasnovi.

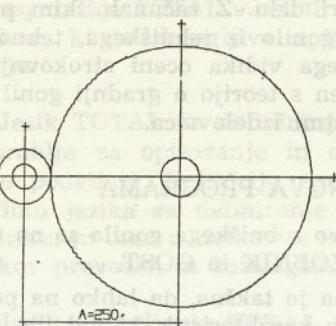
4.3.1. Analiza druge zasnove

S sl. 3 in 4 ugotovimo, da je računalnik zasnoval novo gonilo z enakima osnima razmikoma v prvi in drugi stopnji, in sicer takoimenovano povratno gonilo.

Namesto izstopne želene vrtilne hitrosti 95 vrt./min imamo zdaj gonilo z 90 vrt./min. To je pa pri dvostopenjskem gonilu doposten odstopek. Vsote koeficientov premika profila osnovne zobnici so želene vrednosti.

MERILO 1/5

1. STOPNJA

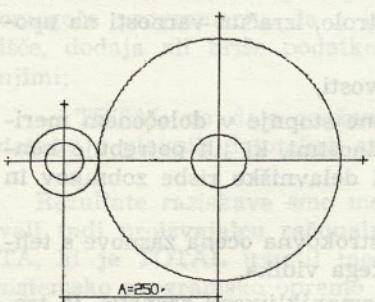


Z1 = 21	Z2 = 102	XLM = 2.40000	XEM = 1.63352
OG1= 35.00000	OG2= 50.00000	F = 11574.33	ALF=22.36321
OD1= 84.00001	OD2= 495.00006	FA= 0.00	MT1= 494.05
I = 4.65714	MN = 4.0	FR= 4212.93	MT2= 2339.68
SI = 45.	S2 = 45.	JZ1= 4	JZ2= 13
W1 = 44.114151	W2 = 154.505215	KVAL = 9	

Slika 3*

MERILO 1/5

2. STOPNJA



Z1 = 16	Z2 = 63	XLM = 3.09999	XEM = 4.09473
OG1= 60.00000	OG2= 65.00001	F = 40309.78	ALF=24.02313
OD1= 105.00001	OD2= 375.00006	FA= 0.00	MT1= 2272.75
I = 3.50000	MN = 6.0	FR= 14689.94	MT2= 7354.67
SI = 119.	S2 = 114.	JZ1= 3	JZ2= 9
W1 = 48.190171	W2 = 158.720703	KVAL = 10	

Slika 4*

Iz kontrole varnosti je razvidno, da so materiali dobro izkoriščeni. (Glej liste rezultatov.) Širina zobnikov ni pretirana. Če želimo ožje zobnike v drugi stopnji, spremenimo materiale ali pa napravimo kakšno drugo spremembo.

IZRAČUN PRVE STOPNJE

VHODNI PODATKI

	VSTOP	IZSTOP
STEVILO VRTLJAJEV	V/VIN	1450*
PREDPISANA KDC GONILA	KM	75.00
MATERIAL ZOBNIKOV	C.4732	C.4732
TRAJNA DINAMIČNA TRDOST NA BOČNI TLAK	N/QMN	1200*
TRAJNA DINAMIČNA TRDOST NA UPORIB	N/QMN	300*
NAGIB KOT VIJAC NA RAZD. VALJU	STOP*	30*
NAJMANJŠE STEVILO ZOB PASTORKA		0*
VŠOTA KOEF. PROF. PREM. OSNOVNE ZOBNICE		1.00
DOPUSTNA NAPETOST ZA MATERIAL GREDI	N/QMN	80*
KOEFICIENT OBRATOVALNIH POGOJEV		1.25

IZRAČUN OSNOVNIH PARAMETrov

	PASTOREK	ZOBNIK
SIRINA ZOB	MM	78*
IZRAČUNANA VRĘDOST NORMALNEGA MODULA	KM	3.441
STANDARDNA VRĘDOST NORMALNEGA MODULA	KM	3.00
IZRAČUNANA VRĘDOST OSNE RAZDALJE	MM	240.29
STANDARDNA VRĘDOST OSNE RAZDALJE	MM	250.00

IZRAČUN IZDELovalnih PARAMETrov

	PASTOREK	ZOBNIK
UBIRNI KOT ALFA	STOP*	24.481151 = 24ST 28MN 52SK
PREMER RAZDELNEGA KROGA	MM	62.607811
PREKER TLIYSKEGA KROGA	MM	71.905883
PREMER KORENSKEGA KROGA	MM	59.509895
VŠOTA KOEF. PROF. OSNOVNE ZOBNICE		1.049666
KOEF. PREKITA PROFILA OSNOVNE ZOBNICE	0.583682	0.465983
KORIGIRAN KOEFICIENT PREMINKA PROFILA	0.600000	0.449666
STEVIVO ZOB	18	124
VŠOTA ZOB Z1+Z2		142
STEVIVO ZOB PREKO KATERIH HERIMO	4	22
MERA CEZ ZOBE	MM	33.245588
STOPNJA UBIRANJA PROFILOV		1.212996
STOPNJA BOČNEGA UBIRANJA		3.890896
STOPNJA UBIRANJA		5.103993
LOČNA DEBELINA ZOBE NA TEH. KROGU	MM	1.734510
PRESTAVNO RAZMERJE		6.888889
STEVIVO VRTLJAJEV	V/VIN	1450.0
NAGIBNI KOT VIJACNICE - DEJANSKI	STOP*	30.400138 = 30ST 24MN 0SK
KVALITETA OBDELAVE		10

KONTROLA VARNOSTI

SF# 2.25157 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA PASTORKU JE ZAJANCENA

SF# 2.48375 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA ZOBNIKU JE ZAJANCENA

SH# 1.32288 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA PASTORKU JE ZAJANCENA

SH# 1.32188 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA ZOBNIKU JE ZAJANCENA

IZRAČUN DRUGE STOPNJE

VHODNI PODATKI

	VSTOP	IZSTOP
STEVILO VRTLJAJEV	V/VIN	315*
PREDPISANA KDC GONILA	KM	75.00
MATERIAL ZOBNIKOV	C.4732 K	C.4732 K
TRAJNA DINAMIČNA TRDOST NA BOČNI TLAK	N/QMN	1200*
TRAJNA DINAMIČNA TRDOST NA UPORIB	N/QMN	300*
NAGIB KOT VIJAC NA RAZD. VALJU	STOP*	0*
NAJMANJŠE STEVILO ZOB PASTORKA		0*
VŠOTA KOEF. PROF. PREM. OSNOVNE ZOBNICE		.00
DOPUSTNA NAPETOST ZA MATERIAL GREDI	N/QMN	80*
KOEFICIENT OBRATOVALNIH POGOJEV		1.25

IZRAČUN OSNOVNIH PARAMETrov

	PASTOREK	ZOBNIK
SIRINA ZOB	MM	75*
IZRAČUNANA VRĘDOST NORMALNEGA MODULA	MM	6.381
STANDARDNA VRĘDOST NORMALNEGA MODULA	MM	6.00
IZRAČUNANA VRĘDOST OSNE RAZDALJE	MM	279.00
STANDARDNA VRĘDOST OSNE RAZDALJE	MM	250.00

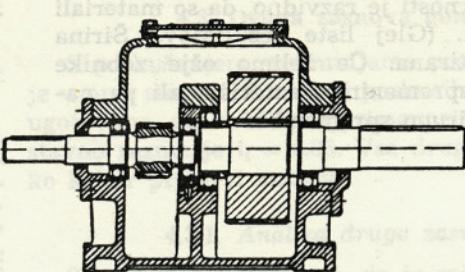
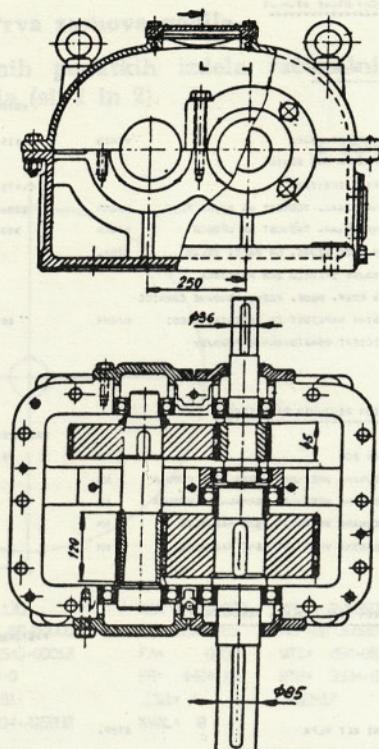
IZRAČUN IZDELovalnih PARAMETrov

	PASTOREK	ZOBNIK
UBIRNI KOT ALFA	STOP*	24.023132 = 24ST 1MN 23SK
PREMER RAZDELNEGA KROGA	MM	108.000015
PREMER TEMENSKEGA KROGA	MM	125.614731
PREMER KORENSKEGA KROGA	MM	101.804184
VŠOTA KOEF. PROF. PREM. OSNOVNE ZOBNICE		1.282456
KOEF. PREKITA PROFILA OSNOVNE ZOBNICE	0.583682	0.698773
KORIGIRAN KOEFICIENT PREMINKA PROFILA	0.600000	0.682456
STEVIVO ZOB	18	63
VŠOTA ZOB Z1+Z2		81
STEVIVO ZOB PREKO KATERIH HERIMO	3	9
MERA CEZ ZOBE	MM	48.190139
STOPNJA UBIRANJA PROFILOV		1.348535
STOPNJA BOČNEGA UBIRANJA		0.000000
STOPNJA UBIRANJA		1.348535
LOČNA DEBELINA ZOBE NA TEH. KROGU	MM	3.336961
PRESTAVNO RAZMERJE		3.500000
STEVIVO VRTLJAJEV	V/VIN	315*
NAGIBNI KOT VIJACNICE - DEJANSKI	STOP*	0.000000 = OST QMN OSK
KVALITETA OBDELAVE		10

KONTROLA VARNOSTI

SF# 1.42635 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA PASTORKU NI ZAJANCENA
NOVA SIRINA PASTORKA JE 96, IN ZOBNIKA JE 90.
SF# 1.70943 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA PASTORKU JE ZAJANCENA
SF# 1.82399 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA ZOBNIKU JE ZAJANCENA
Sf# 1.11459 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA PASTORKU NI ZAJANCENA
NOVA SIRINA PASTORKA JE 119, IN ZOBNIKA JE 114.
Sf# 1.25273 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA PASTORKU JE ZAJANCENA
Sf# 1.75273 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA ZOBNIKU JE ZAJANCENA

SF# 2.25157 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA PASTORKU JE ZAJANCENA
 SF# 2.48375 VARNOST PROTIPRVI TRAJNU LOMU NA ZOBNIKU JE ZAJANCENA
 SH# 1.32288 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA PASTORKU JE ZAJANCENA
 SH# 1.32188 VARNOST PROTIPRVI JAMICENU NA ZOBNIKU JE ZAJANCENA



Sl. 5. Povratno gonilo (konstruirano po zasnovi s pomočjo programa)

4.4. Kontrola gredi

Po širini zobnikov (sl. 3 in 4) določimo dolžino in lego gredi. Za določene materiale gredi računalnik določi natančne premere gredi oziroma izvede kontrolo napetosti.

Natančen premer gredi oziroma kontrola napetosti se določi izključno na podlagi delovnega stika med konstrukterjem in računalnikom (na VTŠ, ISKRI oziroma DELTI).

4.5. Določitev ležajev

Po preverjanju gredi in natančni določitvi njihovih premerov, pristopimo k določevanju ležajev gredi. Za izračun dobe trajanja ležajev moramo poznati obremenitve ležajev in vrednosti za ležaje, ki jih želimo vgraditi. Po teh podatkih določi računalnik dobo trajanja ležajev v urah. Če je doba trajanja premajhna, izberemo druge ležaje. Tudi preračun ležajev gonila lahko izvedemo izključno na podlagi delovnega stika med projektantom in računalnikom.

50 SKICA GONILA

Po dobri zasnovi gonila in izračunu gredi ter ležajev nariše risalnik skico gonila kot izhodno

enoto, ki je osnova tehniku ali risarju za izdelavo potrebne dokumentacije (sl. 5).

6.0 SKLEP

Programi so testirani in preizkušeni na različnih primerih. Rezultati kažejo, da je tako mogoče zasnovati dobro gonilo.

Primerni so za snovanje novih zobniških gonil, za kontrolo obstoječih gonil in za optimiranje gonil (z delovnim stikom med projektantom in računalnikom).

Programi so napravljeni modularno, zato jih lahko poljubno šrimo in tako napravimo uporabne za širši krog uporabnikov. Zavedamo se, da program ni dokončen, da ga bo treba še naprej razvijati in izpopolnjevati na podlagi novih dognanj o gradnji in oblikovanju gonil.

LITERATURA

Raziskovalna naloga št. B-755/76 12—78

Naslovi avtorjev: mag. Jože Flašker, dipl. ing.

J. Jamnikar, dipl. ing.,

V. Podgornik, dipl. ing.,

Jakob Žiljcov, ing.,

Visoka tehniška šola, Maribor,

Strojna, Maribor