

MODIFIKACE OZUBENÍ

Milan Doležal


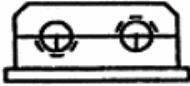
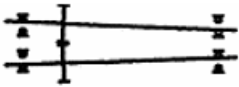
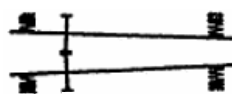



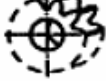
Martin Sychrovský

- DŮVODY KE STANOVENÍ MODIFIKACÍ OZUBENÍ
- VÝHODY MODIFIKACÍ
- PROVEDENÍ MODIFIKACÍ OZUBENÍ
- VÝPOČET MODIFIKACÍ OZUBENÍ
- EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘOVÁNÍ PARAMETRŮ OZUBENÝCH KOL
- MODIFIKACE OZUBENÍ V KOLEJOVÉ DOPRAVĚ

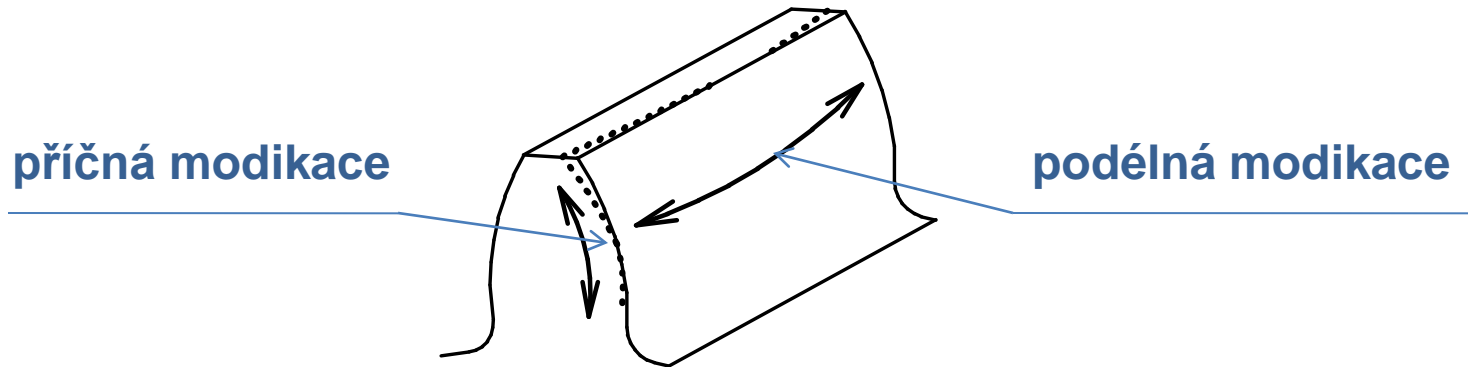
- MODIFIKACE – DŮVODY K JEJICH STANOVENÍ
Důvody ovlivňující nerovnost zatížení zubu po šířce

Konečné záběrové podmínky ovlivňuje několik faktorů. Mezi nejvýznamnější patří odchylky od ideálních tvarů, vůle, montážní odchylky a deformace součástí převodového ústrojí.

Hlavní důvody nesprávného sezení ozubení

	Schéma	Důvod	Způsob vyčíslení
Převodová skříň		Výrobní úchylka rovnoběžnosti os	Měření na třiosém měřícím centru
		Deformace skříně	Výpočet MKP
Ložiska		Vůle v ložiscích	Data od výrobce ložisek
		Deformace ložisek	Data od výrobce, nebo výpočet
Hřídele		Nesouosost konstrukčních válcových ploch	Měření nesouososti
		Deformace hřídelí	Výpočet MKP
Ozubení		Deformace ozubení	Výpočet MKP
		Výrobní odchylky ozubení	Měření - Klingelberg

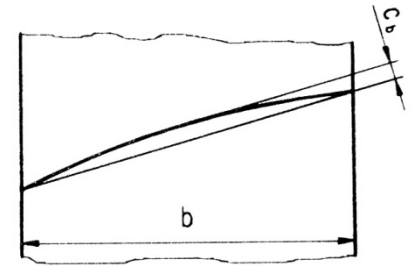
- MODIFIKACE – VÝHODY



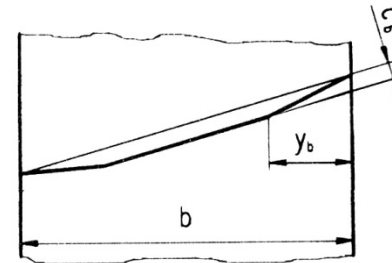
- zajištění optimálního rozložení kontaktu po celé ploše boku zubu
- zvýšení životnosti minimálně o cca 8% (ale až o 200%)
- přesný návrh pomocí sofistikovaného SW
- výroba pomocí technologie profilového broušení

- MODIFIKACE – PROVEDENÍ

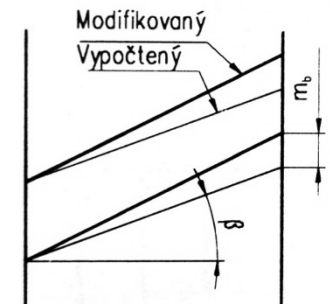
Plynulá podélná modifikace



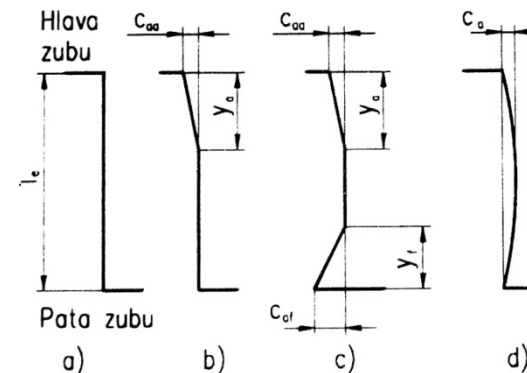
Podélná modifikace



Modifikace úhlu šroubovice



Příčné modifikace



- SW PRO VÝPOČET OZUBENÍ

VSTUPY DO VÝPOČTŮ GEOMETRIE I PEVNOSTI SOUKOLÍ
JSOU SOUČÁSTÍ KNOW-HOW VÝROBCE, A TO DLE ZNALOSTI:

- KONSTRUKČNÍHO USPOŘÁDÁNÍ PŘEVODOVKY,
- TYPU HNACÍHO A PRACOVNÍHO STROJE,
- PRACOVNÍHO REŽMU PŘEVODOVKY,
- OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ,
- KVALITY CHODU SOUKOLÍ
- A DALŠÍCH SPECIFICKÝCH POŽADAVKŮ ZÁKAZNÍKA.

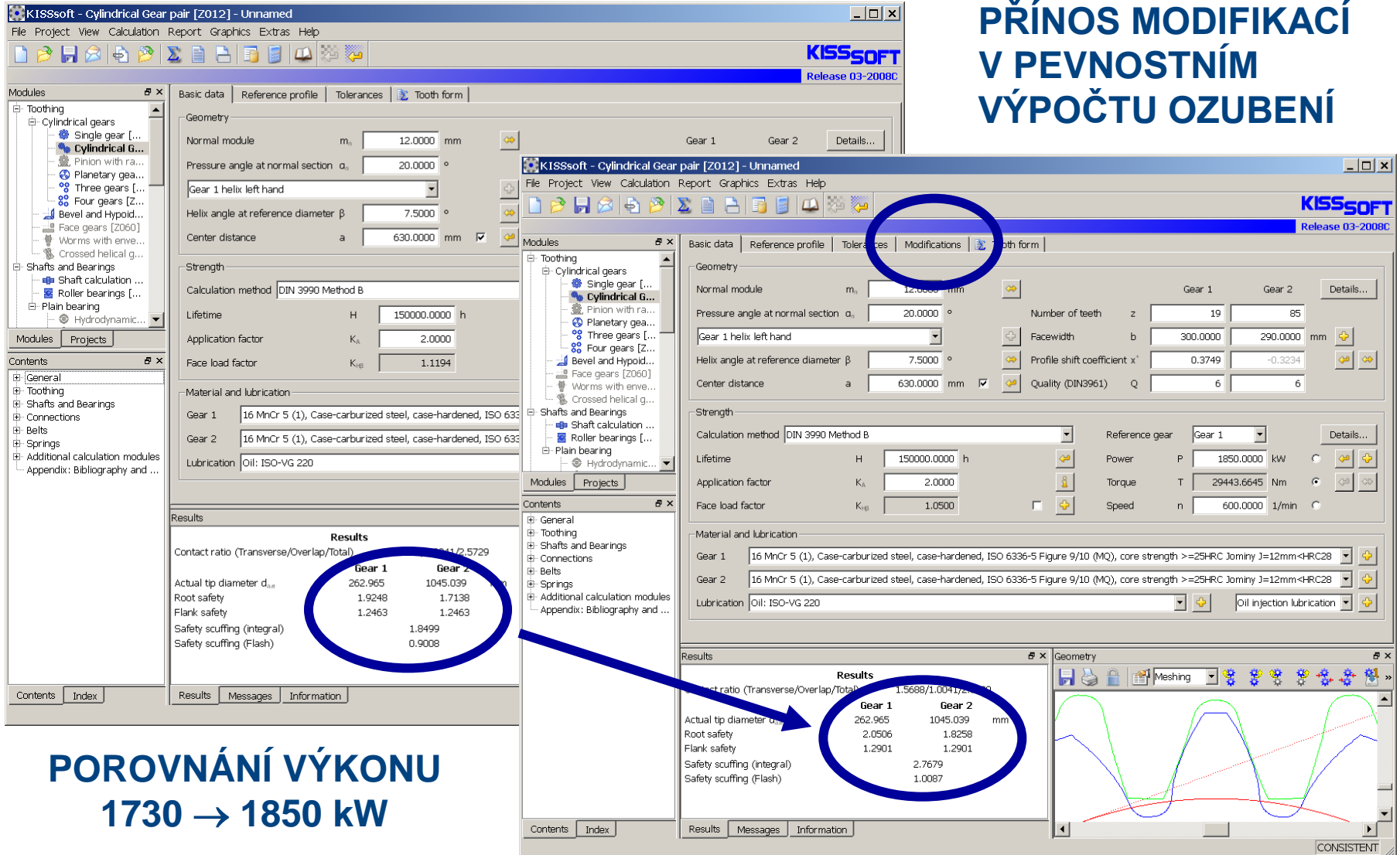
VÝSTUPY Z VÝPOČTŮ GEOMETRIE I PEVNOSTI SOUKOLÍ
OBSAHUJÍ DATA O:

KISSOFT
Calculation programs for machine design

- POUŽITÉ METODĚ VÝPOČTU,
- DATA O GEOMETRII OZUBENÍ, MATERIÁLU A TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ,
- SILOVÝCH POMĚRECH V OZUBENÍ A BEZPEČNOSTNÍCH SOUČINITELÍCH,
- KONTROLNÍCH ROZMĚROVÝCH ÚDAJÍCH.

- SW PRO VÝPOČET OZUBENÍ

PŘÍNOS MODIFIKACÍ V PEVNOSTNÍM VÝPOČTU OZUBENÍ



Modifications

Results (1730 kW)

	Gear 1	Gear 2
Contact ratio (Transverse/Overlap/Total)	1.5688/1.0041/2.5729	
Actual tip diameter d_{ta}	262.965	1045.039
Root safety	1.9248	1.7138
Flank safety	1.2463	1.2463
Safety scuffing (integral)		1.8499
Safety scuffing (Flash)		0.9008

Results (1850 kW)

	Gear 1	Gear 2
Contact ratio (Transverse/Overlap/Total)	1.5688/1.0041/2.5729	
Actual tip diameter d_{ta}	262.965	1045.039
Root safety	2.0506	1.8258
Flank safety	1.2901	1.2901
Safety scuffing (integral)		2.7679
Safety scuffing (Flash)		1.0087

Geometry

Normal module m_n : 12.0000 mm

Pressure angle at normal section α_n : 20.0000 °

Helix angle at reference diameter β : 7.5000 °

Center distance a : 630.0000 mm

Number of teeth z : Gear 1: 19, Gear 2: 85

Facewidth b : Gear 1: 300.0000 mm, Gear 2: 290.0000 mm

Profile shift coefficient x' : Gear 1: 0.3749, Gear 2: -0.3234

Quality (DIN3961) Q : Gear 1: 6, Gear 2: 6

Power P : 1850.0000 kW

Torque T : 29443.6645 Nm

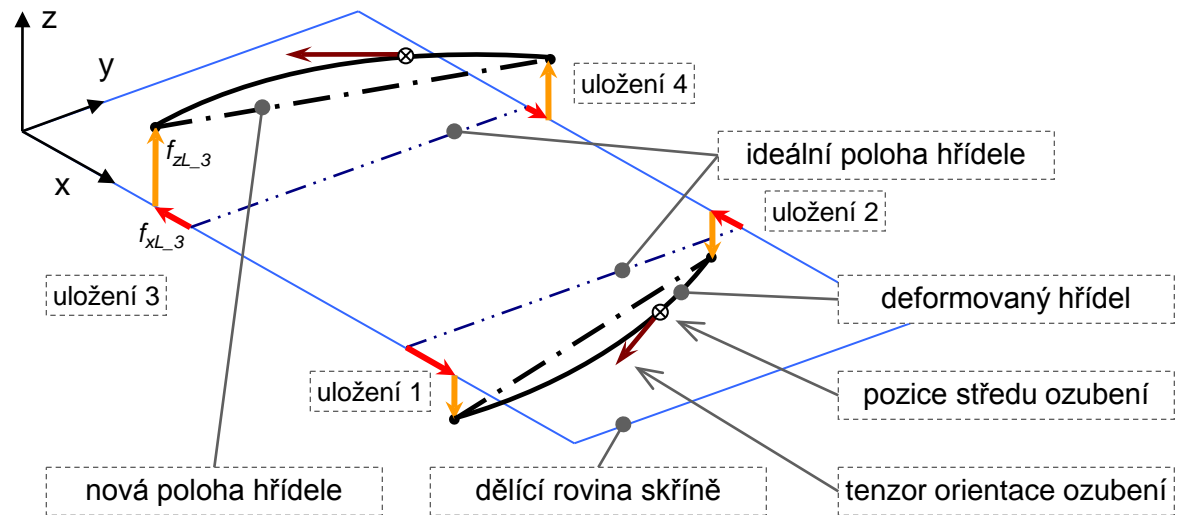
Speed n : 600.0000 1/min

**POROVNÁNÍ VÝKONU
1730 → 1850 kW**

- MODIFIKACE – MKP VÝPOČET HŘÍDELÍ A OZUBENÍ

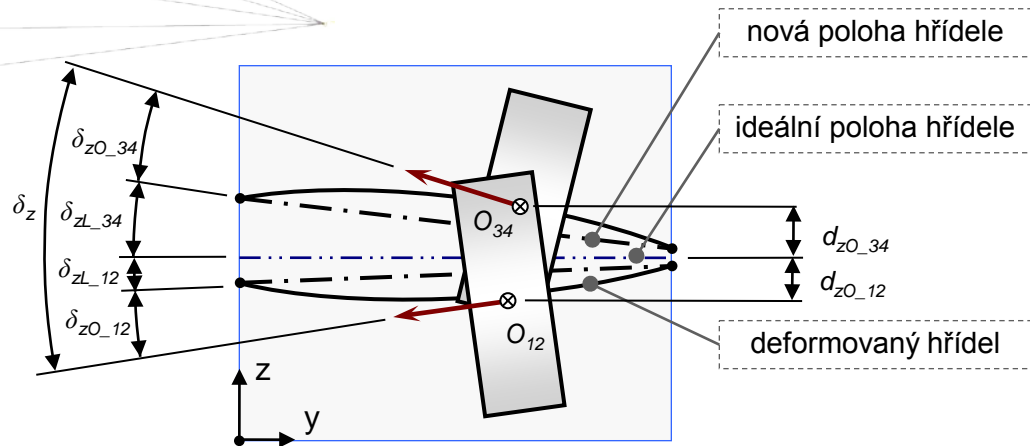
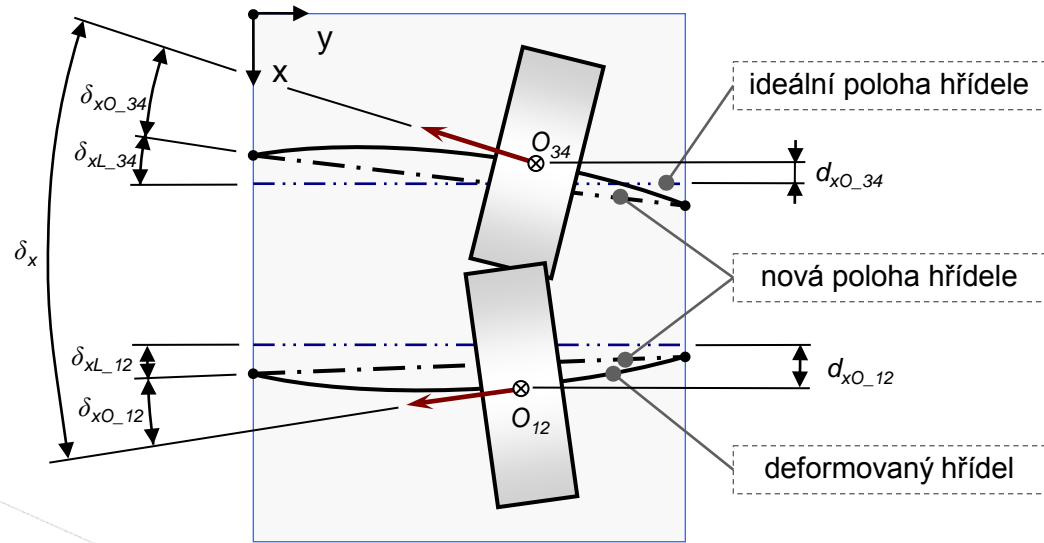
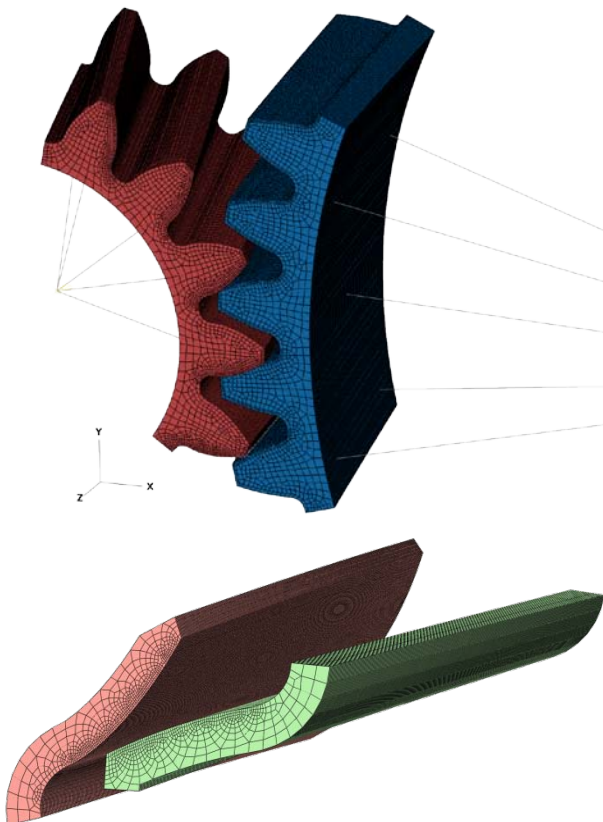
SITUACE PO
ZATÍŽENÍ A PŘÍČTENÍ
VÝROBNÍCH
ODCHYLEK

VÝPOČTY OZUBENÍ
POMOCÍ MKP
A NÁSLEDNÉ ŘEŠENÍ
OPTIMALIZACE
PROFILU PRO
„IDEÁLNÍ“ ZÁBĚR
JSOU ŘEŠENY VE
SPOLUPRÁCI S
ČVUT V PRAZE



- MODIFIKACE – MKP VÝPOČET HŘÍDELÍ A OZUBENÍ

POHYBY OZUBENÝCH KOL V ROVINÁCH XY A YZ



- EXPERIMENTÁLNÍ PRACOVNÍSTĚ PRO TESTOVÁNÍ OZUBENÝCH KOL

PARAMETRY ZKUŠEBNÍHO STANOVNÍSTĚ

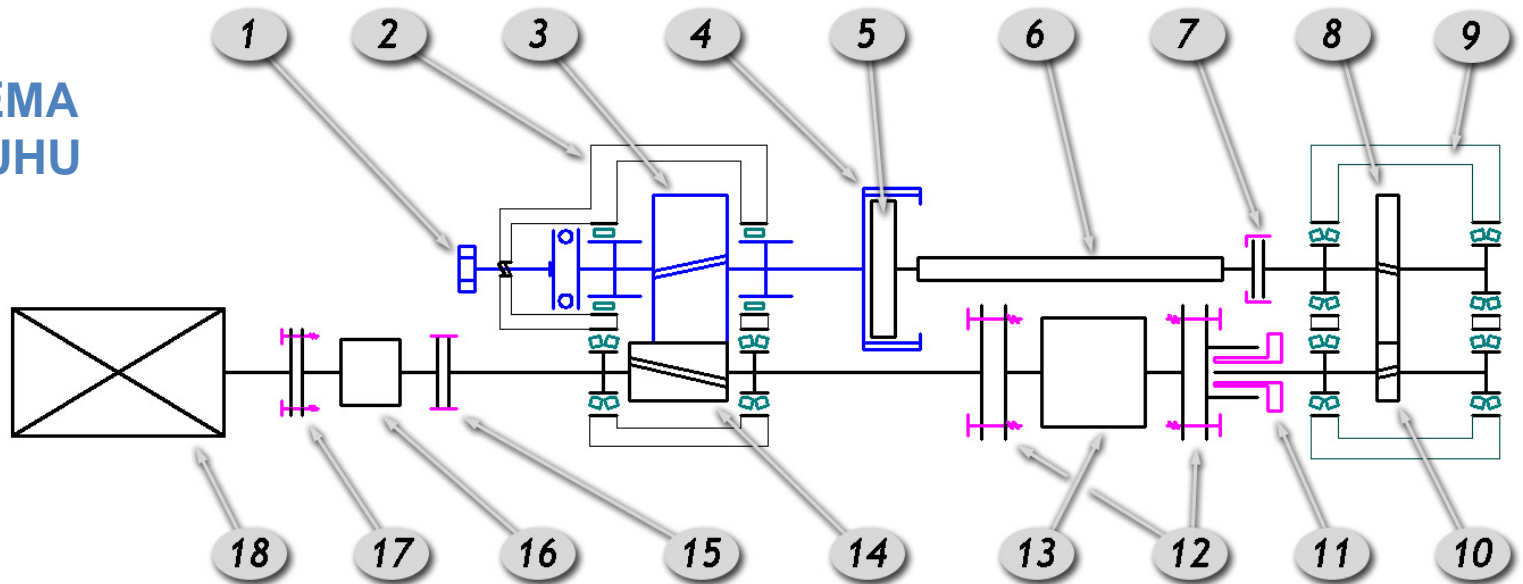
- snaha o přiblížení ke skutečným podmínkám provozu
- otáčky = 1450 ot/min
- maximální moment = 5000 Nm
- maximální virtuální výkon = 785 kW

- řízeně nastavitelný moment
- elektrické a mechanické jištění



- EXPERIMENTÁLNÍ PRACOVISTĚ PRO TESTOVÁNÍ OZUBENÝCH KOL

**SCHÉMA
OKRUHU**



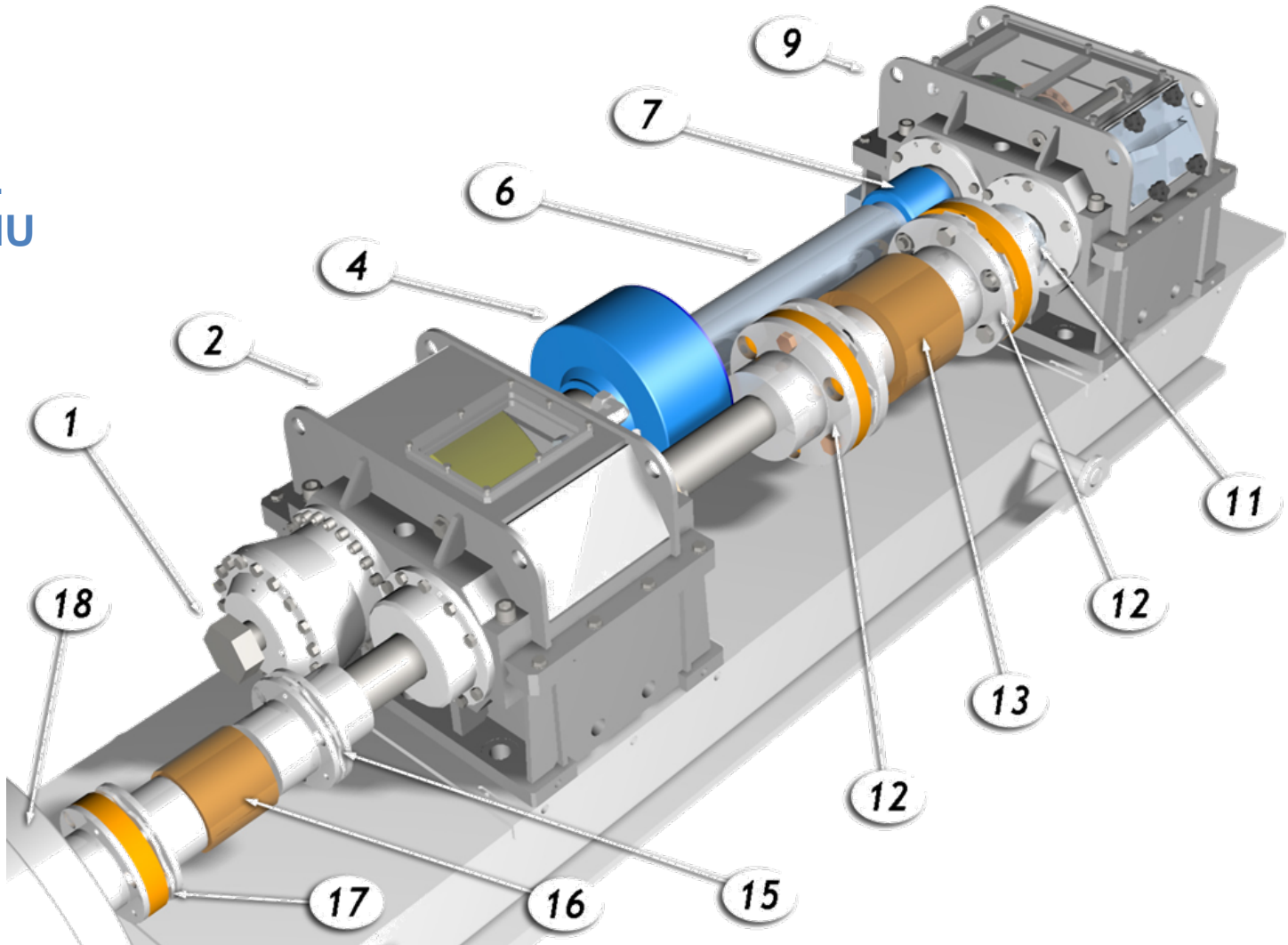
Poz.	Popis
1	Napínací šroub
2	Doplňková převodovka
3	Posuvné kolo
4	Posuvná část zubové spojky
5	Pevná část zubové spojky
6	Torzní hřídel

Poz.	Popis
7	Spojka s evolventním drážkováním
8	Výmenné kolo testovací převodovky
9	Testovací převodovka
10	Výmenný pastorek test. převodovky
11	Spoj pomocí spojky ETP-Techno
12	Spojky Radex-N se střížnými šrouby

Poz.	Popis
13	Momentový snímač DATAFLEX M_{k1}
14	Axiálně pevný pastorek
15	Spojka Radex-N se střížnými šrouby
16	Momentový snímač DATAFLEX M_{k2}
17	Spojka Radex-N
18	Hnací motor

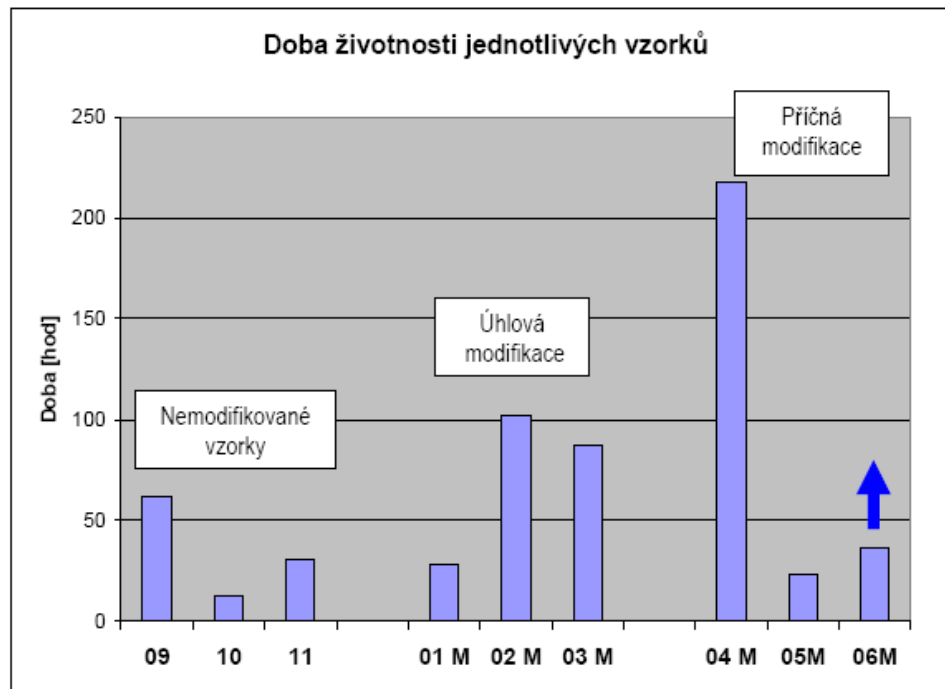
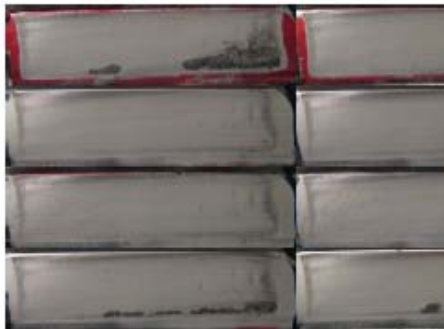
- EXPERIMENTÁLNÍ PRACOVNÍSTĚ
PRO TESTOVÁNÍ OZUBENÝCH KOL

MODEL
OKRUHU



**-EXPERIMENTÁLNÍ PRACOVNÍŠTĚ PRO
TESTOVÁNÍ OZUBENÝCH KOL**
-VYHODNOCOVACÍ METODY

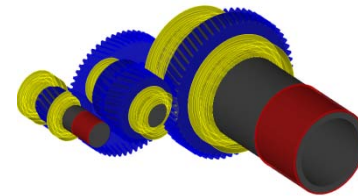
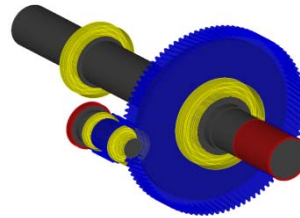
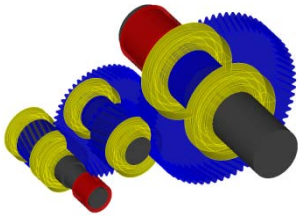
- fotografická metoda porovnání vývoje poškození vzorků
- měření průběhu vývoje hlučnosti
- měření průběhu vývoje vibrací



-POUŽITÍ MODIFIKACÍ OZUBENÍ

-V KOLEJOVÉ DOPRAVĚ

- ozubení tramvajových a lokomotivních převodovek
 - příčné modifikace kol i pastorků
 - podélné plynulé modifikace kol



- ozubení lokomotivních převodovek s letmo uloženým pastorkem
 - příčné modifikace kola i pastorku
 - podélná úhlová modifikace pastorku

