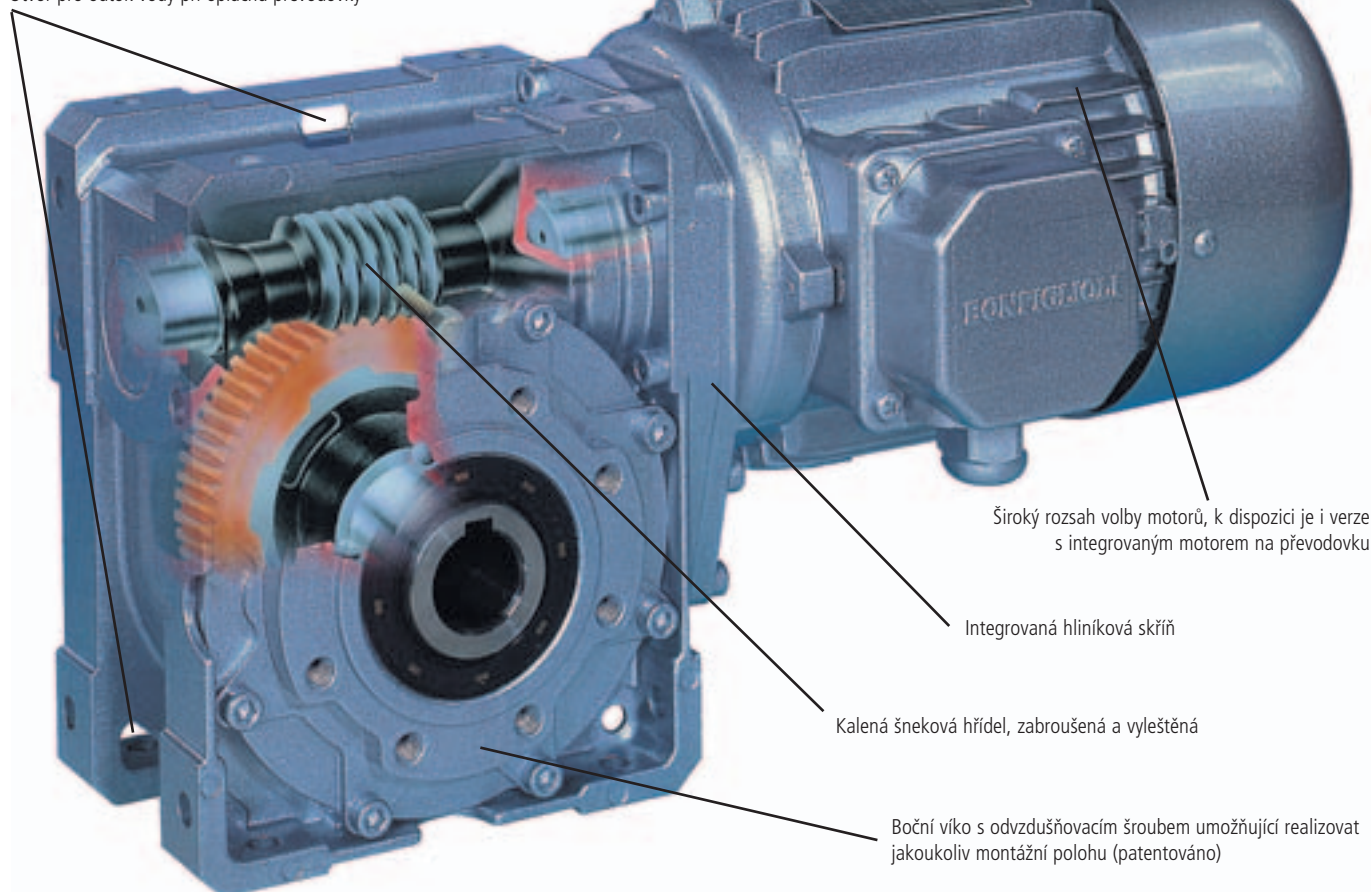


Převodovky se šnekovým ústrojím

...BONFIGLIOLI NOVÁ SÉRIE „W“

Otvor pro odtok vody při oplachu převodovky



Široký rozsah volby motorů, k dispozici je i verze s integrovaným motorem na převodovku

Integrovaná hliníková skříň

Kalená šneková hřídel, zabroušená a vyleštěná

Boční víko s odvětrávacím šroubem umožňující realizovat jakoukoliv montážní polohu (patentováno)

Být v popředí tvorby moderních převodovek si vynutila vývoj nové „W“ řady menších pohonů se šnekovým ústrojím převodovek.

Firma Bonfiglioli Riduttori má celou řadu produktů, zahrnující nejrůznější druhy převodovek, pohonů a elektroniky. Nedávno byla celá řada převodovek s ozubenými koly konstrukčně přepracována a fyzicky novelizována a na světovém trhu tak oceněna, že musí být navýšena produkce. Hlavní obchodní devizou BONFIGLIOLI nadále zůstává šneková převodovka. Je vyráběná ve 12 osových výškách a firmě zajišťuje přední místo v Evropské produkci.

Architektura projektu

Nový sériový projekt „W“, byl vytvořen pro čtyři velikosti osových výšek převodovek (63, 75, 86, 110). Vyniká extrémně vysokou modularitou. Tato kvalita velice usnadňuje sestavení všech katalogových konfigurací. Sestava se prakticky redukuje do dvou hlavních částí: výstupní modul zahrnující šnekové soukolí (základní část

jednotky a koncový adaptér). Základní část tvoří bronzové šnekové kolo u všech osových výšek převodovek, k tomu náležející převodová skříň s ložisky a bočním víkem.

Základní sestava modulu má standardní geometrii pro vstup. Kompletně je její konfigurace uspořádaná dle požadované aplikace. Propojení mezi základním modulem a komponenty uživatelské komplety se realizuje přes drážkovanou spojku v normě DIN, která propůjčuje spojení znamenitou pevnost proti nežádoucí deformaci a vyšší spolehlivost než dosavadní řešení pomocí drážky a pera. Daný typ drážkované spojky je volen přímo u distributora nebo u konečného odběratele, a to bez speciálního vybavení nářadím či strojovým parkem.

Tato přednost poskytuje zákazníkovi v době rychlé zakázky jistou výhodu. Vstupní konfigurace umožňuje připojit

modul k motorům všech konkurenčních společností. Jednak přes normovanou IEC přírubu elektrických motorů, nebo přes vstupní hřídel. K dispozici je konfigurace s elektromotorem, ať již bez nebo s brzdou. V tomto obsazení motor a převodovka tvoří standardní mechanické části a dodavatel motoru je pak zodpovědný za spolehlivost kompletního pohonu.

Řešení nabízí výhodu v pořizovací ceně a velikosti, která může být potřebná v jistých aplikacích. Výstupní moduly jsou montovány ve výrobním závodě, a tím nejkritičtější místa, jež ovlivňují kvalitu finálního produktu s fázemi výroby jako je kontrola těsnosti, seřízení ložisek, zatížení pohonu, spadají pod kontrolu podniku, zatímco jednoduché operace kompletace se odvíjejí na úrovni distribučních firem. Drážková spojky nabízejí větší flexibilitu a navýšení času na poli odbytového hospodářství, kde se například může vyskytnout požadavek změny geometrie rozhraní (Nema), nebo spojení se speciálními bezkartáčovými motory bez změny tvaru převodovky.

Tato implementace drážkové spojky například snižuje počet komponentů k sestavení převodovky. Jde o „redukci stupně“ proměnné (definované šroubovicí šnekového soukolí ve výstupním modulu), která je limitována na jednu součást, a vstupní rozhraní sestávající se vstupní sady, jež do značné míry zjednodušuje výrobu.

Převodková skříň je z větší části vyráběná z hliníku, ve tvaru kvádrů s možností postavení na jednu z pěti bočnic. Uvnitř uložená ložiska jsou mazána z olejové doživotní lázně „for life“ a mohou pracovat ve všech pracovních polohách. Převodovky jsou obecně dodávány s polyglykolsyntetickým olejem a umožňují bezúdržbový provoz.

Integrace elektromotoru do šnekové převodovky

Běžně vyráběné převodovky jsou vybavené motorovou přírubou IEC standardních rozměrů pro přímé napojení motoru na šnekovou hřídel převodovky v roztečné toleranci. Zde vzniká prvotní problém, „korozí způsobená třením“ mezi motorovou hřídelí. Po určitém pracovním cyklu je prakticky nemožné demontovat motor z převodovky bez poškození příruby nebo hřídele. Kolem dokola vyřešit tento problém znamená použít pro spojení drážkový kloub, který umožňuje snadnou demontáž, ale následkem tohoto opatření znamená vyšší výrobní náklady a větší rozměry. V případě popisovaného modelu je nastíněný problém vyřešen drážkovanou spojkou schématicky zobrazenou na, která je přímo v komponovaná do pohonu. Tato popsána úprava však ještě vyžaduje nutně



doplnění speciálního protizáděrového maziva. Tím je umožněna jak snadná montáž, tak i demontáž motoru na převodovku.

Kromě toho dochází i k lepšímu sladění nesouososti hřídelí mezi motorem a převodovkou a vyvážení zatížení protilehlých ložisek na motoru a převodovce.

Těsnění, mazání

Jedna z nejvíce citovaných závad zákazníkem je únik oleje přes těsnění na vstupní hřídeli. I když se to nezdá jako důležité, přesto tato závada může negativně ovlivnit vlastnosti převodovky, jako snížení její životnosti, nebo úplné zadření díky nedostatku maziva. V tomto ohledu bylo změněno umístění těsnění do místa, kde se nám to může jevit jako špatně přístupné. Aby docházelo k lepšímu mazání kluzných ploch s těsněním, bylo navrženo použití lepšího maziva s dlouhodobou životností.

Usazení těsnění na rotující vstupní hřídeli

Průměr těsnícího kroužku je ve vztahu ke vstupní hřídeli menší než je obvyklé. Tím je redukována rychlost klouzání po hřídeli a prodloužena jeho životnost. Také teplo přicházející z motoru je eliminováno dostatečnou vzdáleností a současně je těsnění oprostěno od vnějších nečistot prachu a podobně.

Tyto činitelé napomáhají zvýšit čas pro údržbu – výměny těsnícího kroužku. Převodovka je dále vybavena odvzdušňovacím šroubem a přitom je pamatováno na všechny pracovní polohy. Toto značně přispívá ke zlepšení životnosti těsnění, protože vnitřní tlak horkých par v převodovce, byl příčinou úniku maziva přes těsnění.

Působící tlak uvnitř převodovky si zaslouží zvláštní pozornost. Řešení navržené tak, aby se boční víko převodovky dalo volně otáčet a nastavit v libovolné úhlové pozici, je provedeno se zřetelem

na výrobu převodové skříň, boční víko je osazeno kruhovým otvorem pro upevnění odvzdušňovacího šroubu a při nasazení se jím před upevnění natočí tak, aby odvzdušňovací šroub byl vždy v horní části převodovky. Jeho funkcí je neutralizovat přetlak, který vzniká v důsledku oteplení převodovky v pracovním cyklu.

Dalším řešením problému bylo použití polyglycelového syntetického maziva, které však působí agresivně na styčnou rotující plochu v místě těsnění.

Tento problém byl vyřešen odborníky ve společnosti Freudenberg, jež provedl řadu testů u firmy Bonfiglioli, aby našel efektivní řešení pro časovou výdrž materiálu.

Geometrie šnekového ozubení

Zdůvodnění vyrábět stávající šnekové ozubení

Návrhu šnekového ozubení není obvykle připisována velká důležitost. Obvykle výrobce použije ozubení, které navrhne technolog podle své zkušenosti, nebo podle nástrojů (modulu), které jsou v tu či onu dobu v závodě dostupné. Těž se bere v úvahu šroubovice pro jeden převodový stupeň a osová výška převodovky.

Geometrie ozubení je přizpůsobena šnekové hřídeli s posunem profilu X2 popsaném v bodě /1/.

Postup ozubení může být použit i když je nevhodný pro konkrétní zatížení v aplikaci. V takovém případě je však možné zvýšit výkon. U nových převodovek série typu „W“ bylo mnohými postupy docíleno získání vyšší pevnosti a účinnosti ozubení.

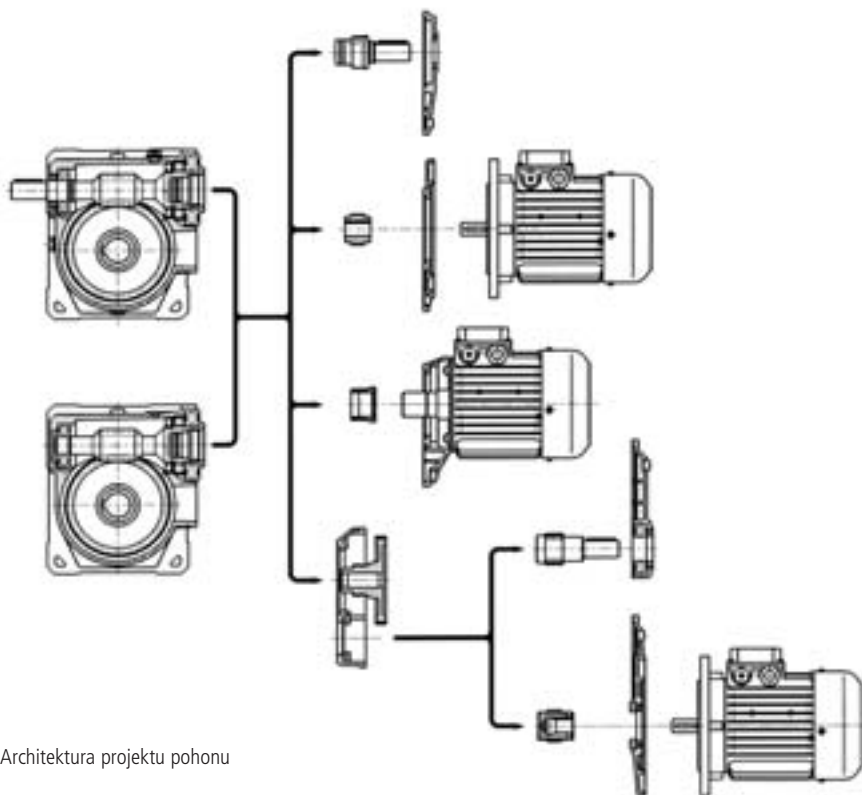
Optimalizace tvaru ozubení

Nový projekt šnekového ozubení bere v úvahu osovou výšku a převodový stupeň jako základ pro optimální řešení geometrie, které přináší maximální odolnost při zlepšení účinnosti. Tento úkol byl řešen ve spolupráci s institutem pro výzkum a konstrukci převodovek (FZG)-TU v Mnichově.

Šnekové ozubení bylo navrženo pomocí rozměrových parametrů pm^* pro střední tlak na straně

h^* tenkostěnného pouzdra a hodnoty smyku s^* podle normy DIN 3996 metodou B /2/.

Tyto parametry jsou nezávislé na velikosti, zatížení či druhu použitého maziva, ale jsou neopomenutelné k použité geometrii ozubení. Objektivně nový projekt byl zaměřen na konstrukci geometrie ozubení s menším počtem parametrů a většími parametry pro sílu pouzdra. Za tímto účelem byly provedeny studie s vydělenými parametry geometrických hodnot (modul ozubení, průměr šneku, posunutí profilu a pod.), které jednotlivě byly podrobeny pro každou osovou výšku a převodový poměr. Tento postup je v detailech popsán na příkladu převodovky série W63 s parametrem x2, na $i=30$ lze vidět, že pouzdro se zvětšuje stejně jako profil posunutý na šnekovém kole, zatímco průměrný pojezd smyku klesá. Parametr tlaku v tomto případě zobrazuje minimální profil posunutí $x2=0,35$. Pro převodovku



Architektura projektu pohonu

s malým převodovým stupněm musíme parametr tlaku považovat za rozhodující. Pro převodovky s velkým převodovým stupněm ať vezmeme jakkoliv vyšší parametr pouzdra nabývá vyššího významu.

Ve srovnání se standardními projekty se geometrie ozubení založené na obměně parametrů pro své příznivé výsledky stala rozhodující, protože v novém projektu vykazovala 10–20 % zlepšení.

Toto znamená, že v novém projektu můžeme očekávat lepší pevnost a zvýšení účinnosti tak, že v mnoha aplikacích můžeme použít menší velikost osové výšky.

Pevnost a účinnost

Použití fyzikálních parametrů nám poskytuje vypočítat příslušnou pevnost a účinnost pro jakoukoliv aplikaci. Tyto měřicí techniky byly poprvé definované z normy DIN 3996/1 pro ověření pevnosti z hlediska všech kritérií, jako nosnost, pružnost, zlom ozubení a další, a též z norem, jimiž se v budoucnu bude řídit Evropa ISO 14521/5

Porovnáním bezpečnostních faktorů a hodnot vypočtených pro účinnost podle DIN 3996 mezi stávajícím projektem a novým projektem se potvrdil nárůst pevnosti a účinnosti.

Záruka úrovně pevnosti a účinnosti vypočtená z testových zkoušek

Údaje kroučícího momentu pro novou řadu vypočítané firmou Bonfiglioli Riduttori v souladu s normou prověřeny u celé série

testem na houževnatost jak převodovek, tak i elektroprevodovek.

Testy byly provedeny v reálných podmínkách na zkušební stolici pro šnekové převodovky pod kontrolou výpočetní techniky. Byly založeny na zkušenostech s cyklickým zatížením, opakovaným startem, zpětnou rotací, právě tak jako zkoušky s různými osovými výškami převodovek spojenými propojených do jednoho kinematického řetězce.

Kromě časového průběhu byl sledován přenos kroučícího momentu a stabilita otáček za účelem prokázat platnost teoretických výpočtů přírůstku výkonu a zlepšení účinnosti. Všechny zkoušky porovnávaly stávající běžně dostupné převodovky s novými typy a prokázaly jejich lepší chod v celé řadě šnekových převodovek.

Výstupní kroučící moment a vypočtené hodnoty účinnosti jsou nyní testovány v již ve zmíněném institutu FZG v Mnichově. Doposud známé výsledky potvrdily u převodovek jak vyšší pevnost tak i vyšší účinnost. Prototypová série šnekových převodovek byla testována ve výzkumném středisku firmy Bonfiglioli. Pro definování účinnosti brzdy byly provedeny zkoušky řízené počítači a zařízením na bázi sledování magnetického pole pomocí magnetického prachu, jimž se prokázalo jisté zlepšení při různých provozních otáčkách v průměrné pracovní teplotě. Další srovnávací zkoušky byly provedeny při konstantním kroučícím momentu a otáčkách k určení kvantitativního zisku v rámci

delšího časového provozu. Zkušební zařízení monitorovalo v reálném čase shodné zlepšení všech vlastností nového optimalizovaného řešení oproti stávajícímu provedení. Pevnost při záběru kroučícím momentem ve špičkách byla ověřena dynamickou, cyklickou zátěží s častým přerušováním (tzv. cyklus start-stop) a zpětných chodem otáčení. Časově každých 30 sekund s vysokou setrvačností působící na vstup převodovky. Bylo tak činěno z důvodu kontroly všech technických propojení kroučícím v kinematickém řetězci převodovky.

Hlučnost

Šnekové převodovky se vyznačují poměrně tichým provozem. Problém s hlučností se projevuje až u převodovek s předlohou na prvním (vstupním) stupni. Proto byl tento problém řešen na vstupním páru čelních ozubených kol. Ke snížení hladiny hlučnosti byl instalován pastorek přímo na výstupní hřídel elektromotoru bez jakéhokoliv poškození ozubení. Pastorek je obvykle umístěn mezi dvěma ložisky (ložisko motoru a ložisko převodovky) tak, že se okamžitě projeví i sebemenší nesouosost hřídelů a přitom v daném místě z hlediska ekonomiky postačí jen jedno ložisko. Ozubená kola jsou uzavřena v ocelové tvrzené skříni, která je profilovaná tak, aby hlučnost byla co nejnižší. Všechna odlišná pouzdra pro umístění ložisek jsou verifikována podle propočtu FEM (viz. obr. 9), aby se zabránilo odchylkám, jež by mohly vést k poškození ozubení převodovky. Síla stěn a rozvržení materiálu skříňe bylo optimalizováno tak, aby se efektivně snížily výrobní náklady a přenesené zdroje hluku. Tato optimalizace se prováděla v semianchoické komoře, kde se srovnávací metodou porovnávala síla zvuku s optimalizačními stupni hladin hlučnosti.

Rozměry ložisek, jejich selekce – vymezení vůle

Axiální posuv šnekové hřídele je eliminován čtyřmi kontaktními ložisky. Děje se tak s respektem vnitřních pouzder, které vymezují dráhu šnekové hřídele s jistým přesahem a doplňujícími kroužky, které pomáhají zachytit axiální zatížení následkem tření.

