



Ewolucja w dziedzinie przekładni armatury

Michael Herbristrit – Müllheim *)

Następujący skokowo rozwój automatyzacji procesów dotyczył przez ostatnie trzy dekady techniki sterowania. Artykuły opisujące wszelkie aspekty nowych rozwiązań w technice komunikacyjnej, integracji urządzeń oraz trendów takich jak zarządzanie zasobami (asset management) dominują w działach poświęconych technice w magazynach specjalistycznych. Na poziomie obiektowym potrzebne są jednak organy wykonawcze, które będą realizować pracę mechaniczną. Należą do nich napędy i przekładnie armatury (ilustr. 1).

Sukcesy producentów tego rodzaju urządzeń w znacznej mierze zależą od prawidłowego zinterpretowania osiągnięć z zakresu sterowania i uwzględnienia ich przez własne działy rozwojowe. Inżynierowie budujący maszyny w tym obszarze wciąż nie zostali zastąpieni przez elektronicznych. Ciągłe są potrzebni na miejscu. Uwzględniają oni nowe technologie produkcji i materiały podczas modernizacji produktu. Baczniejsze spojrzenie – jak w poniższym artykule – pozwala na nowo „odkryć” niektóre serie przekładni od dawna rozpowszechnione na rynku, co jest efektem wyżej wspomnianego procesu ewolucyjnego.

Wymagania dotyczące automatyzacji armatury

Podstawowym warunkiem ramowym decydującym o konstrukcji napędu jest źródło dostarczanej energii. W przypadku napędów elektrycznych jednostką dostarczającą moment obrotowy jest silnik elektryczny ze zintegrowaną przekładnią.

O wyborze konstrukcji przełożenia decyduje między innymi konieczność zapewnienia samohamowności, które polega na tym, że napęd po wykonaniu ruchu zainicjowanego przez system sterujący unieruchamia armaturę w żądanym położeniu i utrzymuje je, przeciwdziałając siłom występującym w armaturze. W równym stopniu dotyczy to armatury przesterowywanej ręcznie. Zagadnieniem samohamowności zajmujemy się dokładniej w dalszej części artykułu.

Napędy elektryczne pokrywają szeroki zakres momentu obrotowego. W przypadku automatyzacji przepustnic i zaworów kulowych zakres ten sięga od kilku niutonometrów do około 2,5 tys. Nm. Napędy elektryczne, które tradycyjnie stosuje się do automatyzacji zasuw, mogą dostarczać do 32 tys. Nm.

Jeżeli wymagany jest moment obrotowy wykraczający poza ten zakres, napędy zestawia się z przekładnią armatury (ilustr. 2). W rozwiązaniach wykorzystujących przekładnie dostępnych

na rynku uzyskuje się do 120 tys. Nm, a w konstrukcjach niepełnoobrotowych nawet 675 tys. Nm. Zakres momentu obrotowego jest mniejszy w armaturze przesterowywanej ręcznie, która ciągle jeszcze jest szeroko rozpowszechniona. Istnieją przekładnie armatury umożliwiające uzyskanie w ręcznym trybie pracy wyjściowego momentu obrotowego do 70 tys. Nm, gdy zastosuje się odpowiednie przełożenie redukujące.

Przekładnia ślimakowa gwarantuje samohamowność

Napędy zapewniają samohamowność wtedy, gdy działanie momentu obrotowego od strony armatury nie powoduje zmiany jej położenia. Dobierając współczynnik sprawności przekładni, można w prosty i niezawodny sposób uzyskać samohamowność. Z tego powodu w przekładniach armatury pracującej w trybie niepełnoobrotowym ważną rolę odgrywa konstrukcja ślimakowa. W jednym stopniu obejmującym tylko dwa ruchome elementy można zrealizować wymaganą dużą redukcję przełożenia z równoczesnym zachowaniem wymaganego współczynnika sprawności poniżej 0,5. W takim zakresie przekładnie ślimakowe uchodzą za konstrukcje charakteryzujące się statyczną samohamownością.

Odpowiedni współczynnik sprawności uzyskuje się za pośrednictwem przełożenia redukującego, które zależy z kolei od liczby zębów ślimaczniczy i kąta pochylenia linii zębów ślimaka. Im większe jest przełożenie redukujące, tym silniejsza samohamowność. Na samohamowność można wpływać ponadto odpowiednio dobierając kombinację materiałów ślimaczniczy i ślimaka, jakość powierzchni elementów przenoszących siły i rodzaj smaru.



Ilustracja 1. Połączenie napędu i przekładni w instalacji filtrowania wody



W armaturze z trzpieniem wznoszącym siła przenoszona jest na ten element przez gwintowaną tuleję (forma przyłącza A). Powstające w tym miejscu tarcie dodatkowo przyczynia się do samohamowności.

Uzyskanie samohamowności wynika z relacji między współdziałającymi komponentami. W napędzie ręcznym może być to tylko przekładnia, gdy mamy do czynienia z napędem wykorzystującym silnik dochodzi samohamowność napędu, a w przypadku trzpienia wnoszącego dodatkowym czynnikiem jest gwintowana tuleja. Wynika z tego pewna swoboda działania podczas projektowania elementów. Jej wykorzystanie wymaga dobrej znajomości zagadnienia.

Stalowe budowle hydrotechniczne są dobrym przykładem obszaru, w którym wspomniane kalkulacje odgrywają niezwykle ważną rolę. Podczas podnoszenia, opuszczania, wyhamowania i podtrzymywania dużych zasuw jazu odpowiednie dobranie kombinacji napęd – przekładnia jest „dyscypliną królewską” w zakresie samohamowności.

Różnice między przekładnią wieloobrotową i niepełnoobrotową

W przypadku armatury niepełnoobrotowej podczas pokonywania całego zakresu nastawy koło ślimakowe wykonuje ruch obrotowy w zakresie mniejszym niż jeden pełny obrót. Zgodnie z normą EN ISO 5211 jest to definicja ruchu niepełnoobrotowego. Gdy wykonujemy automatyzację przepustnic i zaworów kulowych ruch niepełnoobrotowy wynosi zazwyczaj 90°.

W wypadku przekładni wieloobrotowych sytuacja przedstawia się inaczej. Jeżeli dysk zasuw poruszany jest przez wznoszący się, nieobrotowy trzpień z jednego położenia krańcowego w drugie, wymaganych jest wiele obrotów ślimacznic. W zależności od skoku w skrajnych przypadkach może to być kilka tysięcy obrotów. A zatem gdy mamy do czynienia z identycznym rozwiązaniem konstrukcyjnym, warunki ramowe mimo to mogą się znacznie różnić.

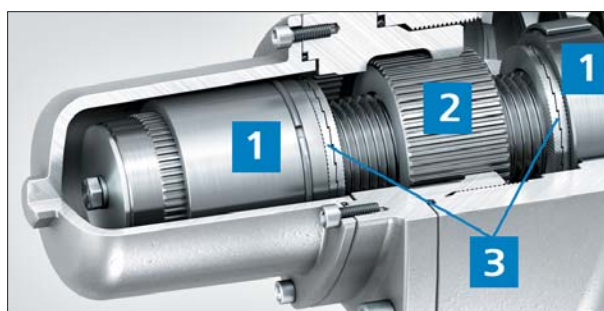
W przekładni niepełnoobrotowej łożysko ślizgowe ślimacznicy i ślimaka jest wystarczającym i adekwatnym rozwiązaniem (*ilustr. 3*), natomiast przekładnia wieloobrotowa wymaga łożysk tocznych, aby można było uniknąć przegrzania i przejmować nieuchronne siły odśrodkowe. Przekładnie o konstrukcji niepełnoobrotowej można zatem wykorzystać w zastosowaniach wieloobrotowych tylko w bardzo ograniczonym zakresie.



Ilustracja 2. Automatyzacja przepustnic: po lewej napęd zamontowany bezpośrednio, po prawej zespół napęd – przekładnia

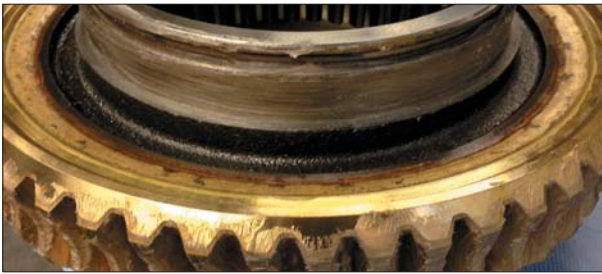


Ilustracja 3. Przekładnia niepełnoobrotowa z łożyskami ślizgowymi ślimacznicy i ślimaka



Ilustracja 4.
Budowa ogranicznika krańcowego:

1 zderzaki krańcowe,
2 nakrętka wędrująca,
3 klinowe podkładki zabezpieczające



*Ilustracja 5.
Dzięki nowym
technikom spajania
możliwe jest przyspawanie
wieńca koła z brązu
do koła nośnego
ze staliwa*



*Ilustracja 6.
Koło ślimakowe
pokryte smarem
adhezyjnym przyjaznym
dla środowiska*

Analogiczna, odpowiednia przekładna wieloobrotowa może mieć znacznie mniejsze wymiary, o ile możliwe będzie odprowadzanie ciepła. Wobec tego w przekładniach wieloobrotowych stosuje się koła ślimakowe z brązu, które charakteryzują się lepszymi właściwościami ślizgowymi i lepszą przewodnością cieplną niż ślimacznice ze staliwa.

Zasuwa, typowy przedstawiciel armatury automatyzowanej za pomocą jednej lub kilku przekładni wieloobrotowych, posiada wewnętrzne ograniczenie położenia krańcowych. W razie ręcznego przesterowania, na przykład w sytuacji awaryjnej, można precyzyjnie dojść do położenia krańcowego. W armaturze niepełnoobrotowej często tak nie jest. Położenia krańcowe „otwarte” i „zamknięte” w niepełno-

obrotowych przepustnicach i zaworach kulowych można ustawić tylko za pomocą ograniczników krańcowych w przekładni. Dlatego też przekładnie niepełnoobrotowe dysponują ogranicznikami krańcowymi, a przekładnie wieloobrotowe nie.

Konstrukcja ograniczników krańcowych

Istnieją dwie możliwości wykonania ograniczników krańcowych w przekładniach niepełnoobrotowych. W pierwszym przypadku w ślimacznicy istnieje występ, który dochodzi do zderzaka w obudowie. Często nie stosuje się nawet kompletnych kół ślimakowych, lecz segmenty koła. Wada takiej konstrukcji polega na tym, że moment wyjściowy

występujący podczas dojścia do ogranicznika krańcowego działa na korpus przekładni. Zwłaszcza podczas uruchamiania, gdy wyłączniki krańcowe zainstalowanego napędu nie są jeszcze ustawione, dochodzi niekiedy do nieplanowanego kontaktu z ogranicznikami krańcowymi. Na korpus przekładni oddziałuje wtedy maksymalny moment obrotowy napędu zwielokrotniony przez przełożenie przekładni, co znacznie zwiększa ryzyko pęknięcia korpusu.

Drugie rozwiązanie, w którym wykorzystuje się nakrętkę wędrującą (ilustr. 4), wyklucza tę niedogodność. Na zakończeniu ślimaka znajduje się gwint, po którym w dwóch kierunkach porusza się nakrętka wędrująca (2) między dwoma zderzakami krańcowymi. Na zderzaki te (1) nie działają momenty wyjściowe o dużej wartości, lecz znacznie mniejsze momenty wejściowe. Korpus przekładni nie jest narażony na obciążenia. Nawet gdy zderzak krańcowy ulegnie uszkodzeniu wskutek nadmiernego obciążenia, korpus przekładni pozostaje nienaruszony, a przekładnia nie przestaje spełniać swojej zasadniczej funkcji. Jeżeli zastosujemy kompletne koło ślimakowe, przekładnia może zapewnić dowolny kąt obrotu.

Konstrukcja z nakrętką wędrującą niesie jednak ze sobą ryzyko, że przekładnia zablokuje się w położeniu krańcowym i nie będzie można dostarczyć momentu potrzebnego do pokonania oporu. Zapobiega się temu poprzez umieszczenie przed każdym zderzakiem krańcowym pary klinowych podkładek zabezpieczających (3). Dzięki parom podkładek moment wymagany do wyjścia z położenia krańcowego wynosi tylko około 60% momentu przyłożonego podczas dojścia do położenia krańcowego. W ten sposób zagwarantowane jest, że moment obrotowy pozwalający na opuszczenie położenia krańcowego zawsze będzie dostępny.

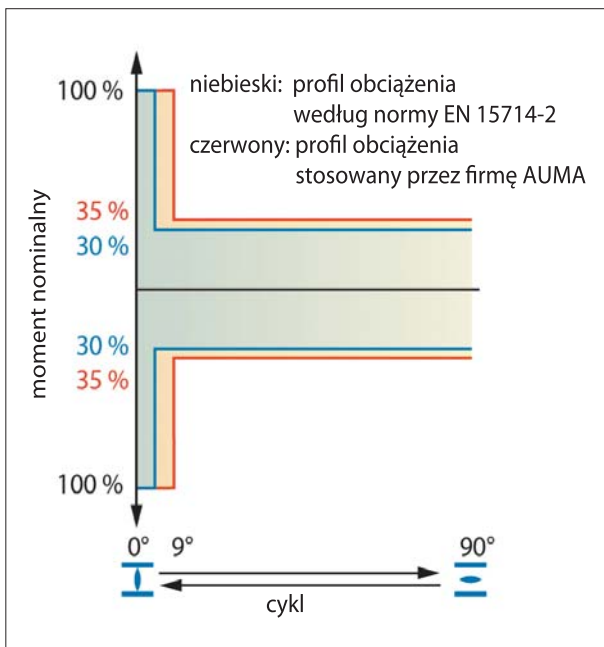
W rezultacie rozwiązanie z nakrętką wędrującą jest co prawda bardziej złożoną, ale znacznie bardziej niezawodną konstrukcją.

Ciągły rozwój elementów przekładni

W obszarze automatyzacji armatury cykle życia modeli, pod względem mechanicznym, są bardzo długie. Nierzadko serie przekładni wytwarzane są przez dziesięciolecia. W ramach modernizacji modelu wykorzystywane są osiągnięcia nowych technologii. Należą do nich między innymi:

Lepsza ochrona antykorozyjna

Wielowarstwowe powlekanie proszkowe poszczególnych elementów kor-



*Ilustracja 7.
Cykl testowy uwzględniający wymagania wynikające z normy lub je przekraczające*



pusu zastąpiło na przykład w znacznym stopniu lakierowanie na mokro kompletnego urządzenia po montażu. Powłoka taka charakteryzuje się większą odpornością na promieniowanie UV i obciążenia mechaniczne niż przy metodzie tradycyjnej. A ponadto, co jest bardzo istotne, podczas otwierania korpusu, na przykład w celu konserwacji, powłoka pozostaje nienaruszona. Wspomniane rozwiązanie przyczyniło się do znacznego polepszenia ochrony antykorozyjnej, która spełnia wymagania kategorii ochrony C5 według normy EN ISO 12944-2. Przekładnie mogą pracować w długich okresach w zanurzeniu i bez dodatkowego zabezpieczenia nadają się do montażu pod powierzchnią ziemi.

Nowe technologie spajania

Różne materiały o pożądanych właściwościach mogą złożyć się na jeden element konstrukcyjny. Dziś dostępne są na przykład technologie spawalnicze pozwalające na łączenie brązu z żelazem sferoidalnym (ilustr. 5).

Duży postęp w zakresie środków smarnych

Współpraca między producentem napędów i przekładni – firmą **AUMA**, a dostawcą środków smarnych, zaowocowała stworzeniem produktu o wyraźnie polepszonych właściwościach, uwzględniających wymagania towarzyszące przesterowaniu armatury. Nowy smar zachowuje swoje właściwości w zakresie temperatury od -60°C do +140°C w warunkach wysokich obciążeń, co pokrywa się z obszarem zastosowania przekładni.

Dodatkowym założeniem projektu było ograniczenie ilości środka smarnego nierodzącego ograniczeń w porównaniu z korpusem całkowicie wypełnionym smarem. W nowoczesnych wysokiej jakości przekładniach stosuje się smar adhezyjny, który nanoszony jest zautomatyzowaną metodą natryskową (ilustr. 6). Efektem jest ograniczenie masy przekładni, uproszczenie zabiegów konserwacyjnych i ochrona zasobów naturalnych oraz środowiska. Smar adhezyjny ma nad smarowaniem

olejowym również powszechnym w omawianej branży przewagę polegającą na tym, że nawet w razie nieszczelności nie dochodzi do wycieku środka smarnego.

Zmodyfikowana koncepcja uszczelniania opracowana w toku prac rozwojowych dzięki zastosowaniu nowatorskich elementów uszczelniających przyczynia się dodatkowo do tego, że prawdopodobieństwo wycieku i wydostania się smaru jest znacznie ograniczone.

Lepsze możliwości obróbki powierzchni

Elementy przenoszące siły poddawane są hartowaniu, wskutek czego uzyskują niezbędne właściwości powierzchni pod względem ścieralności, odporności na działanie wysokiej temperatury i sił o dużej wartości. Nowe technologie pozwoliły w ostatnich latach poprawić wspomniane właściwości. Proces QPQ (Quench-Polish-Quench) zapożyczony z przemysłu motoryzacyjnego odgrywa ważną rolę, ponieważ powstająca w jego

REKLAMA

Po zaniku napięcia zasilającego można otworzyć lub zamknąć armaturę przy pomocy jednego z poniższych rozwiązań:

Funkcja Fail safe:

- zasilacz UPS z systemem solarnym
- jednostka Fail safe ze sprężyną

IP68
SIL2
Ex

Sila do 4 kN

Najkrótszy czas przesterowania <1s

Moment obrotowy funkcji fail-safe do 12 000 Nm

auma®
Solutions for a world in motion

SIPOS AKTORIK DREHMO GFC haselhofer

AUMA Polska Sp. z o. o.
ul. Komuny Paryskiej 1d
41-219 Sosnowiec
tel. (32) 78 35 200
e-mail: biuro@auma.com.pl

www.sipos.de www.haselhofer.de www.auma.com.pl www.drehmo.com

*Tabela 1. Zależności między zakładaną liczbą cykli a maksymalnym dopuszczalnym momentem obrotowym dla klas obciążenia 1 i 2 na przykładzie wybranych napędów niepełnoobrotowych*

Wielkość przekładni	GS 50.3	GS 63.3	GS 80.3	GS 100.3	GS 125.3	GS 160.3	GS 200.3	GS 250.3
Liczba cykli według klasy obciążenia 1 (EN 15714-2)	10 000		5000		2500			1200
Maks. moment obrotowy [Nm]	500	1000	2000	4000	8000	14 000	28 000	56 000
Liczba cykli według klasy obciążenia 2	1 000							
Maks. moment obrotowy [Nm]	625	1250	2200	5000	10 000	17 500	35 000	70 000

toku powierzchnia utleniona gwarantuje skuteczną ochronę antykorozyjną. Jest to szczególnie ważne dla wałka wejściowego przekładni, który w rezultacie tego procesu zyskał najlepszą ochronę przeciwkorozyjną w ramach branży.

Zastosowane środki wpływają także na wydłużenie żywotności. Ale czy jest to w ogóle konieczne? Producent, jak na przykład AUMA, obecny na rynku od kilku dekad nie zanotował żadnego przypadku uszkodzenia przekładni wskutek zmęczenia materiału. Ponieważ żywotność wyraźnie zależy od obciążenia, można zwiększyć wartość dopuszczalnych momentów obrotowych kosztem wydłużenia żywotności. Rozsądnym rozwiązaniem jest weryfikacja danych technicznych.

Wymagania stawiane przekładniom armatury odnośnie żywotności

Nie istnieją normy, które w wiążący sposób rozstrzygałyby kwestię żywotności przekładni armatury. Dla producentów napędów, którzy oferują również przekładnie armatury, zasadne wydaje się wykorzystanie normy EN 15714-2 dotyczącej napędów. Może to być uzasadnione, ponieważ często przekładnie współpracują właśnie z napędami. Jednak tylko nieliczni producenci stosują tę zasadę. Producent wytwarzający wyłącznie przekładnie nie ma powodu, aby stosować się do względnie rygorystycznych wymagań wspomnianej normy.

Praktycznym rozwiązaniem jest zdefiniowanie różnych profili obciążenia. Nie wydaje się sensowne zakładanie dla przekładni przesterowywane ręcznie takiej samej liczby przesterowań jak dla przekładni sterowanej silnikiem. Na podstawie długoletniego doświadczenia sformułowano następujący podział:

■ klasa obciążenia 1: tryb pracy z wykorzystaniem silnika według EN 15714-2,

■ klasa obciążenia 2: tryb pracy z wykorzystaniem silnika, niska częstotliwość przesterowań,

■ klasa obciążenia 3: ręczny tryb pracy.

Żywotność w przypadku napędów i przekładni armatury podaje się w postaci minimalnej możliwej do uzyskania liczby cykli przesterowania. Jeden cykl obejmuje ruch z położenia OTWARTE do położenia ZAMKNIĘTE i z powrotem. W tabeli 1 przedstawiona została dla klas obciążenia 1 i 2 na przykładowo wybranych przekładniach niepełnoobrotowych zależność między zakładaną liczbą cykli a maksymalnym dopuszczalnym momentem obrotowym.

Dopuszczalny moment obrotowy dla klasy obciążenia 2 jest o 25% większy niż dla klasy obciążenia 1. W związku z tym w wielu przypadkach można sięgnąć po mniejszą i tańszą przekładnię. Z określeniem klas obciążenia powiązane jest uzupełnienie kołnierzy przyłączeniowych armatury o szereg rozmiarów, aby podczas doboru zyskać dodatkowe pole manewru.

Test typu a profil obciążenia

Norma EN 15714-2 dotycząca napędów określa profil obciążenia, z uwzględnieniem którego mają być pokonywane cykle przesterowania (ilustr. 7). Właściwie stosowanie tego profilu obciążenia jest dobrowolne, ponieważ norma nie dotyczy przekładni armatury. Jednak w tym przypadku obniżenie wymagań jest stąpaniem po grząskim gruncie. Użytkownik właściwie nie ma możliwości pokrycia obciążeń występujących w danym zastosowaniu za pomocą profili obciążenia specyficznych dla różnych producentów. Jest to problematyczne, ponieważ nawet niewielkie wzrosty momentu obrotowego silnie wpływają na żywotność. Bezpieczeństwo zagwarantowane jest wtedy, gdy testy typów i wyznaczone na ich podstawie wymagania wobec żywotności opie-

rają się na profilach obciążenia zdefiniowanych w normie EN 15714-2. Producenci przykładający dużą wagę do bezpieczeństwa eksploatacji i niezawodności traktują normę EN 15714-2 jako stwarzającą wymagania minimalne, które nawet przekraczają.

Podsumowanie

Kto stale dba o modernizację modeli – nieustannie polepsza właściwości swoich wyrobów, szczególnie wytrzymałość mechaniczną. Polepszenie jakości przekłada się na wydłużenie żywotności, a za pośrednictwem definicji klas obciążenia uzyskuje się większą swobodę podczas doboru przekładni armatury. W wielu sytuacjach umożliwia to skorzystanie z tańszego rozwiązania. Jedna reguła pozostaje niezmienna: przekładnie armaturowe stosuje się w obszarach, gdzie występują wysokie wymagania co do bezpieczeństwa eksploatacji. Niedogodnością jest brak wiążącej normy, która określałaby żywotność i profil obciążenia przekładni armatury. W następstwie tego dane techniczne urządzeń pochodzących od różnych producentów można porównywać tylko warunkowo. Jeśli nie chcemy ryzykować, musimy upewnić się na jakiej podstawie dane zostały wyznaczone. Jeżeli odpowiedź brzmi: „norma EN 15714-2” – możemy spać spokojnie.

*) Dziękujemy firmie **Auma Polska Sp. z o.o.**, Sosnowiec, za pomoc w przygotowaniu artykułu.

*) Mgr inż. **Michael Herbstritt** – AUMA Riestler GmbH & Co. KG, Müllheim (Niemcy).
Tłumaczenie artykułu z „Industriearmaturen”, z. 2/2015, s. 59-64.

