

Andrzej JANICZEK  
Stanisław MASŁY

## UKŁADY CENTRALNEGO SMAROWANIA STOSOWANEGO DO ŁOŻYSK WIĘNCOWYCH

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono układy centralnego smarowania zastosowane do smarowania smarem plastycznym bieżni oraz smarowania olejem uzębienia łożyska wieńcowego mechanizmu obrotu jednostki antenowej. Scharakteryzowano pojęcia elementarne dotyczące smarowania oraz przedstawiono smarownice automatyczne zastosowane w prototypie mechanizmu napędowego anteny radarowej typu JAT-122.

### 1. WPROWADZENIE

W łożyskach tocznych środek smarny ma do spełnienia dwa zasadnicze zadania:

- wyeliminowanie lub co najmniej zmniejszenie zużycia elementów tocznych i bieżni,
- zmniejszenie tarcia w łożysku.

Dodatkowymi zadaniami środka smarnego są:

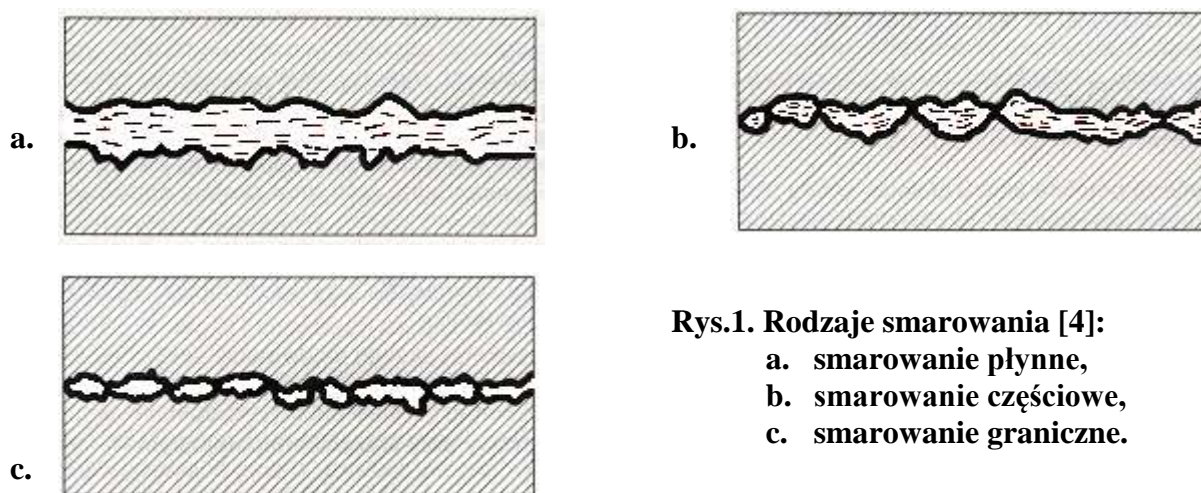
- ochrona przed korozją,
- odprowadzenie ciepła z łożyska,
- odprowadzenie zużytych cząstek i zanieczyszczeń obcych z łożyska (smarowanie obiegowe z filtrowaniem oleju),
- „wspieranie” uszczelnienia.

Od stanu smarowania zależy charakter występującego tarcia i zużycie łożyska tocznego oraz uzyskanie jego wymaganej trwałości zmęczeniowej. W łożysku tocznym mogą wystąpić następujące stany smarowania:

- smarowanie płynne (rys.1a) – wzajemnie przesuwające się powierzchnie są całkowicie oddzielone przez film smarny; występuje wtedy tzw. tarcie płynne,
- smarowanie częściowe (rys.1b) – na skutek zbyt małej grubości filmu smarnego dochodzi w lokalnych obszarach do bezpośredniego styku elementów tocznych i bieżni; występuje wtedy tzw. tarcie mieszane,
- smarowanie graniczne (rys.1c) – powierzchnie tarcia rozdzielone są tzw. warstwą graniczną. Jeżeli smar zawiera odpowiednie dodatki uszlachetniające, wtedy występuje ich reakcja z powierzchniami metalicznymi, tworząc sorpcyjną lub chemisorpcyjną warstwę o bardzo małej grubości.

Wymienione wyżej rodzaje smarowania występują zarówno przy smarowaniu olejem, jak i smarem plastycznym. Rodzaj filmu smarnego, jaki tworzy się przy smarowaniu plastycznym zależy od lepkości oleju bazowego a dodatkowy wpływ na smarowanie ma zagęszczacz tego smaru.

Smarowanie za pomocą smaru stałego (np. grafitu, dwusiarczku molibdenu) wprowadzonego jako cienka warstwa na powierzchnie tarcia może przeszkodzić ich bezpośredniemu stykowi. Tego rodzaju warstwa utrzymuje się tylko przy umiarkowanych prędkościach obrotowych i nieznacznych naciskach. Mówimy wówczas, że występuje tzw. tarcie płynne w fazie stałej.



**Rys.1. Rodzaje smarowania [4]:**  
**a. smarowanie płynne,**  
**b. smarowanie częściowe,**  
**c. smarowanie graniczne.**

Przy konstruowaniu maszyn czy urządzeń należy między innymi ustalić sposób smarowania węzłów łożyskowych. Dokonując wyboru sposobu smarowania należy wziąć pod uwagę następujące uwarunkowania:

- konieczność zapewnienia wymaganej żywotności,
- warunki eksploatacji,
- wymagania ze względu na zachowanie stabilności ruchu, zminimalizowania hałasu, tarcia i temperatury łożysk,
- wymagania ze względu na bezpieczeństwo eksploatacji,
- koszty związane z instalacją systemu smarowania oraz jego utrzymania podczas eksploatacji.

Przy doborze środka smarowego należy wziąć pod uwagę warunki eksploatacji tzn. obciążenie, prędkość obrotową i temperaturę pracy łożyska, jak również wymagania klimatyczno – środowiskowe. Dalszymi kryteriami mogą być wymagania stawiane ze względu na stabilność ruchu oraz ze względu na wymianę czy uzupełnianie smaru.

Urządzenia do smarowania ze względu na sposób smarowania możemy podzielić na:

- urządzenia do smarowania centralnego,
- urządzenia do olejowego smarowania,
- urządzenia do smarowania mgłą olejową,
- urządzenia do smarowania olejowo – powietrznego.

## **2. ZAGADNIENIE SMAROWANIA WIELKOGABARYTOWYCH ŁOŻYSK TOCZNYCH**

Za wielkogabarytowe łożyska toczne uważa się takie łożyska, których średnica wewnętrzna jest większa od 300 mm. Ze względu na wymiary i konstrukcję pierścieni możemy je podzielić na dwie grupy:

- łożyska typowe o dużych średnicach,
- łożyska wieńcowe.

Podział i konstrukcja pierwszych jest na ogół taka jak łożysk powszechnie stosowanych w budowie maszyn. Zasadniczą cechą łożysk wieńcowych poza dużymi wymiarami średnic i kształtem pierścieni jest występowanie uzębienia na pierścieniu zewnętrznym lub na pierścieniu wewnętrznym (co uzależnione jest od usytuowania zębniaka napędowego). łożyska wieńcowe znalazły zastosowanie w mechanizmach obrotu koparek, żurawi oraz urządzeń o przeznaczeniu specjalnym – wyrobach wojskowych. Obciążenie

łożysk wieńcowych cechuje się nierównomiernością, dlatego warstewka smaru znajdująca się między elementami tocznymi a bieżniami – poza wymienionymi w punkcie 1 głównymi cechami użytkowymi – jest istotnym czynnikiem amortyzującym uderzenia i tłumiącym drgania. Należy tu stwierdzić, że środek smarny spełnia swoje zadania w łożysku tylko wtedy, gdy w obszarze styku tarcowego znajduje się jego dostateczna ilość. Ze względu na małą prędkość obrotową łożysk wielkogabarytowych przestrzeń między pierścieniem ruchomym i stałym łożyska powinna być wypełniona całkowicie smarem a rodzaj środka smarowego oraz częstotliwość dosmarowywania łożyska winna być przedmiotem szczegółowej analizy [1].

Rozwojowi techniki towarzyszy charakterystyczna cecha – rosnąca prędkość obrotowa maszyn i urządzeń [3]. Tendencja ta zmusza do doskonalenia i rozwijania systemów smarowania. Na przestrzeni dziesięcioleci od najprostszych rozwiązań konstrukcyjnych doszliśmy do układów automatycznego centralnego smarowania obsługującego jednocześnie wiele punktów smarowniczych. W świetle badań i doświadczeń praktycznych należy stwierdzić, że dobre smarowanie nie powinno być utożsamiane ze smarowaniem obfitym. Wraz z uwarunkowaniami ekologicznymi wytycza to nowy kierunek a mianowicie stosowanie i udoskonalanie centralnych układów tzw. ograniczonego (skąpego) smarowania olejowego [3].

Ze względu na obszerność tego zagadnienia w opracowaniu ograniczono się do przedstawienia automatycznych smarownic, które zostały zastosowane w prototypie wyrobu JAT-122.

### 3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SMAROWNIC AUTOMATYCZNYCH [5], [6]

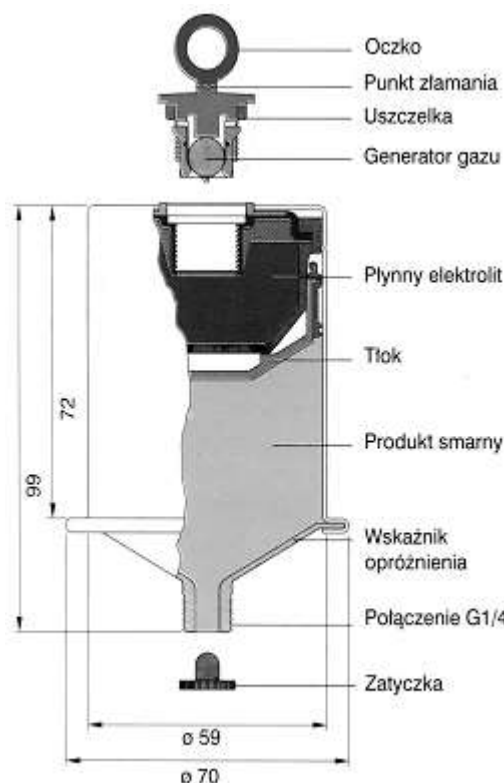
Smarownice automatyczne znajdują zastosowanie do smarowania: prowadnic ślizgowych, łożysk tocznych oraz ślizgowych, łańcuchów napędowych, lin, przekładni zębatych, pomp i kompresorów, itp. mechanizmów pracujących w sposób ciągły.

Do charakterystycznych cech smarownic automatycznych możemy zaliczyć:

- zasilanie punktów smarowania olejem lub smarem plastycznym,
- pewne i bezpieczne działanie,
- wskaźnik opróżnienia,
- automatyczne dostosowanie ciśnienia podawania środka smarnego do potrzeb danego punktu smarowania,
- długi okres użytkowania (w zależności od potrzeb i typu smarownicy) do 12 miesięcy,
- brak potrzeby dodatkowej kontroli działania,
- możliwa praca w różnych położeniach w tym również pod wodą,
- szeroki zakres temperatury stosowania od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$  i więcej.

Ze względu na zasadę działania smarownice automatyczne można podzielić na dwie grupy:

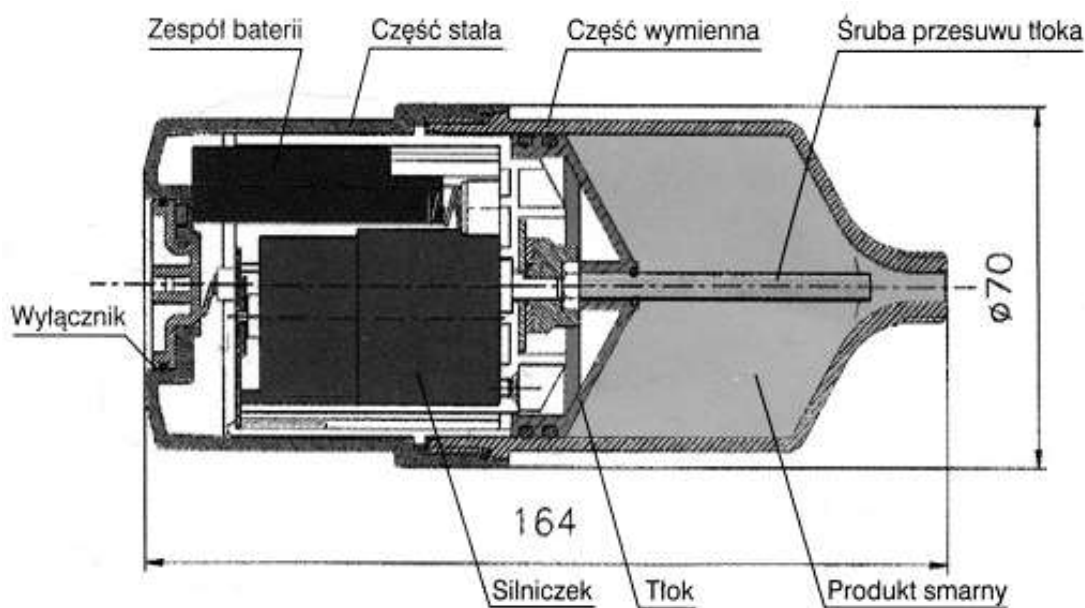
- smarownice działające na zasadzie reakcji chemicznej (rys.2).



**Rys. 2. Smarowniczka działająca na zasadzie reakcji chemicznej [6]**

Z przedstawionego rys.2 wynika, że po wkręceniu aktywatora generator gazu wpada do płynnego elektrolitu. Zapoczątkowana w ten sposób reakcja chemiczna powoduje wydzielanie się gazu, którego ciśnienie działając na tłok powoduje ciągle tłoczenie smaru do punktu smarowania. Okres pracy zależy od rodzaju aktywatora i wynosi: 1; 3; 6 lub 12 miesięcy.

- smarownice z napędem elektromechanicznym (rys.3).



**Rys. 3. Smarowniczka z napędem elektromechanicznym [6]**

W tym przypadku załączenie silniczka powoduje ruch obrotowy śruby, po gwincie, której przesuwa się tłok powodujący tłoczenie smaru do punktu smarowania. Smarownice tego typu składają się z części napędowej wielokrotnego użytku oraz wymiennego zbiornika ze smarem. Okres pracy zależy od ustawienia regulatora znajdującego się w części stałej i wynosi: 1; 3; 6 lub 12 miesięcy.

Smarownice automatyczne są przyłączane bezpośrednio do punktu smarowanego. W razie braku takiej możliwości mogą być łączone z punktem smarowania za pomocą przewodu elastycznego lub rurki. Objętości pojemników smaru wynoszą: 60 cm<sup>3</sup>; 120 cm<sup>3</sup> lub 250 cm<sup>3</sup>.

#### **4. SMAROWNICE ZASTOSOWANE W UKŁADACH SMAROWANIA MECHANIZMU OBROTU ANTENY JAT- 122**

W mechanizmie obrotu jednostki antenowej JAT-122 zastosowano łożysko wieńcowe o średnicy elementów tocznych  $\phi 1600$  mm i uzębieniu zewnętrznym o module 6 mm. Ponieważ radar jest urządzeniem pracującym w sposób ciągły a czynności remontowo – serwisowe powinny być wykonywane w krótkim czasie, zaistniała konieczność smarowania łożyska głównego w sposób ciągły. Producent łożyska, uwzględniając obciążenia oraz czynniki klimatyczne – środowiskowe zalecił zastosowanie do smarowania bieżni łożyska smaru Klüber Isofleks Topas NB52 podawanego w ilości 1,2g na godzinę. Uzębienie łożyska z zachowaniem zasady skąpego smarowania – smarowane jest olejem syntetycznym. Na podstawie obliczeń przy przyjęciu warstwy granicznej środka smarnego w styku zębów o grubości 1  $\mu$ m przyjęto ilość dostarczanego oleju wynoszącą 4 dm<sup>3</sup> na 12 miesięcy [9].

W prototypie jednostki antenowej JAT-122 do smarowania bieżni oraz uzębienia łożyska głównego zastosowano smarownice automatyczne z napędem elektromechanicznym. Do bieżni łożyska smar dostarczany jest z czterech smarownic o pojemności 250 dm<sup>3</sup> każda, zamontowanych w kostce zbiorczej, z której przewodem elastycznym jest doprowadzony do jednego punktu smarowania. Uzębienie łożyska smarowane jest w dwóch punktach rozmieszczonych na obwodzie co 180°. Olej nanoszony jest za pomocą szczotek smarujących (jedna na punkt) zasilanych olejem z dwóch smarownic automatycznych o pojemności 250 dm<sup>3</sup> każda.

Z ilości i pojemności zastosowanych smarownic wynika czas wymiany opróżnionych pojemników na smar oraz olej. Smarowanie bieżni łożyska – wymiana po miesiącu pracy urządzenia. Smarowanie uzębienia łożyska – wymiana po trzech miesiącach pracy jednostki antenowej.

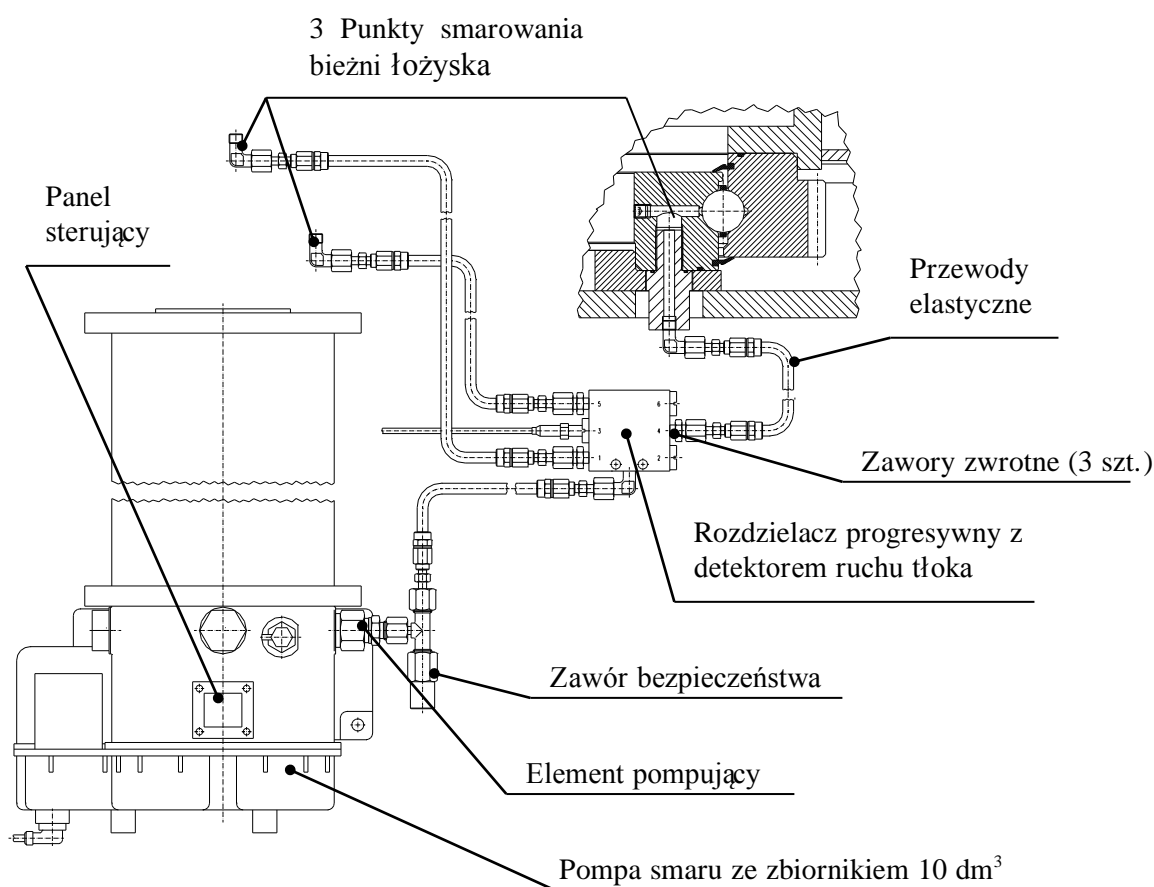
Z badań prototypu jednostki antenowej JAT-122 wyniknęły następujące wnioski związane z układami smarowania łożyska głównego:

- ze względu na ciągły charakter pracy radaru należy wydłużyć czas uzupełniania smaru oraz oleju w obu układach. Założono częstotliwość uzupełniania raz na 12 miesięcy pracy,
- należy doprowadzić sygnały informujące o awarii układów smarowania (w przypadku jej wystąpienia) z jednostki antenowej do stanowiska dowodzenia. Wyprowadzenie sygnałów z 8 zainstalowanych smarownic automatycznych prowadzi do rozbudowy układu monitorującego.

Powyższe uciążliwości eksploatacyjne skłoniły autorów artykułu do opracowania koncepcji modernizacji istniejących układów smarowania prototypu anteny i zastosowania nowych rozwiązań do następnych, przewidzianych do produkcji jednostek antenowych JAT-122.

## 5. KONCEPCJA NOWYCH UKŁADÓW CENTRALNEGO SMAROWANIA ŁOŻYSKA WIĘNCOWEGO JEDNOSTKI ANTENOWEJ

Modernizacja układów smarowania bieżni łożyska oraz uzębienia wieńcowego wynika z zastosowania wysokociśnieniowych, progresywnych systemów centralnego smarowania firmy VOGEL®. Dla tego systemu układ smarowania bieżni łożyska przedstawiono na rys.4, układ smarowania uzębienia na rys.5. Jak już wspomniano dla zapewnienia dwunastomiesięcznego cyklu pracy ciągłej układ smarowania bieżni powinien mieć zbiornik smaru o pojemności 10 dm<sup>3</sup>, natomiast układ smarowania uzębienia – zbiornik oleju o pojemności 4 dm<sup>3</sup> (ze względu na asortyment produkcji firmy VOGEL® można przyjąć zbiornik o pojemności 6 dm<sup>3</sup>).



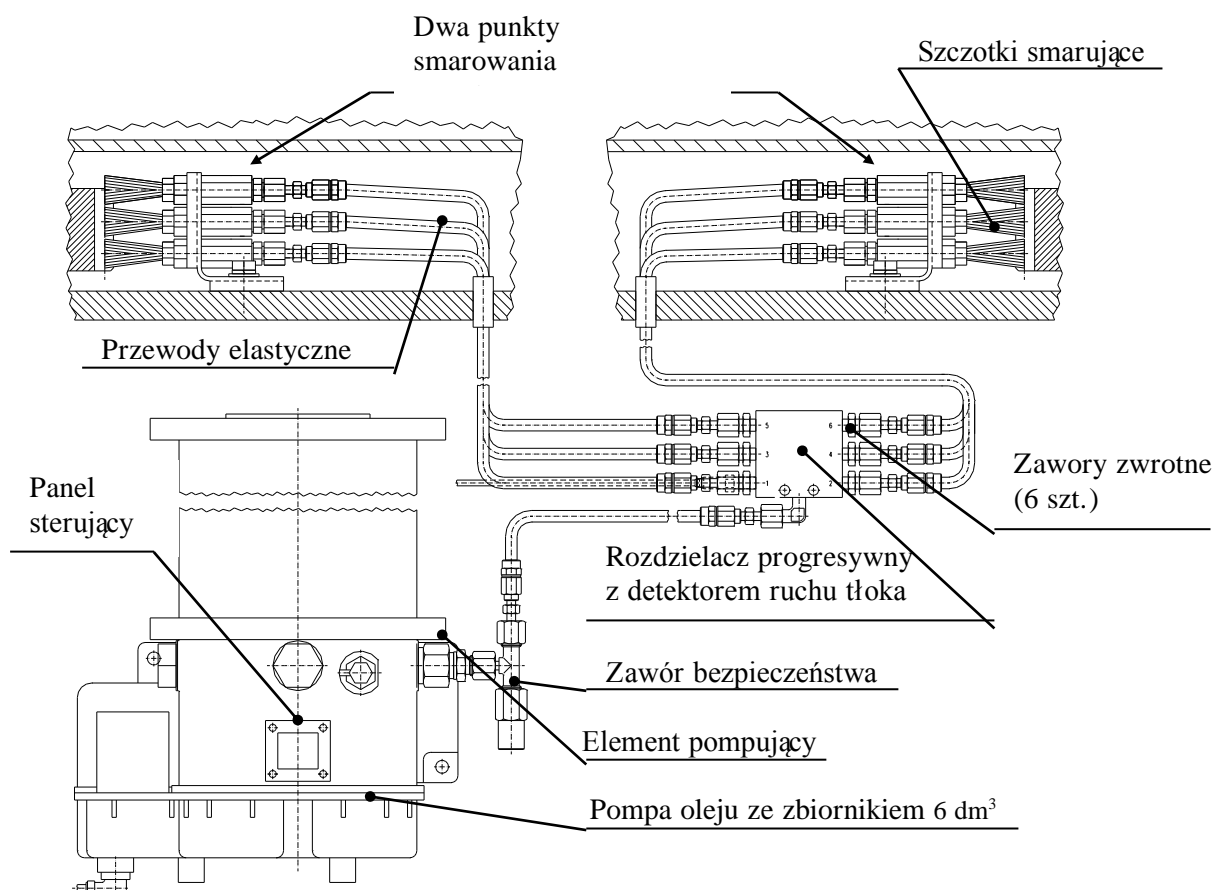
**Rys.4. Układ smarowania bieżni łożyska głównego anteny JAT-122**

Wyprowadzenie sygnałów informujących o awarii układów smarowania łożyska z radaru do stanowiska dowodzenia okazało się prostsze do rozwiązania w porównaniu z przypadkiem automatycznych smarownic zastosowanych w prototypie jednostki JAT-122.

Z porównania rys.4 oraz rys.5 wynika, że w obu układach smarowania zastosowano identyczne elementy składowe. Zasadnicze różnice między elementami układów smarowania smarem plastycznym a olejem są następujące:

- sterowniki elektroniczne w panelach sterowania znajdujących się w pompach obu układów posiadają różne nastawy:

- układ smarowania bieżni: czas pracy 54 sekundy; czas przerwy 2 godziny,
- układ smarowania uzębienia: czas pracy 69 sekund; czas przerwy 2 godziny - zastosowane elementy pompujące różnią się wydajnością
- dla układu smarowania bieżni wydajność wynosi  $2,5 \text{ cm}^3/\text{min}$ ,
- dla układu smarowania uzębienia wydajność wynosi  $0,8 \text{ cm}^3/\text{min}$ .



**Rys.5. Układ smarowania uzębienia mechanizmu obrotu anteny JAT-122**

Istotne różnice wynikające z modernizacji układów smarowania w stosunku do prototypu jednostki antenowej JAT-122 są następujące:

- zastosowanie zbiorników na środki smarne o pojemności zapewniającej dwunastomiesięczny cykl pracy anteny,
- w układzie smarowania bieżni łożyska wprowadzono trzy punkty smarowania rozmieszczone co  $120^\circ$  (prototyp posiada smarowanie jednopunktowe),
- w układzie smarowania uzębienia łożyska zastosowano dla każdego punktu (dwa punkty na obwodzie co  $180^\circ$ ) po trzy szczotki smarujące, każda zasilana oddzielnym przewodem (prototyp posiada po jednej szczotce smarującej na punkt smarowania).

Zasada działania obu układów centralnego smarowania jest taka sama. Dlatego poniżej przedstawiono tylko działanie układu smarowania bieżni, przy czym informacje podane w nawiasach dotyczą układu smarowania uzębienia.

System smarowania bieżni (uzębienia) składa się z mimośrodowej pompy tłokowej o pojemności zbiornika  $10 \text{ dm}^3$  ( $6 \text{ dm}^3$ ), o ciśnieniu roboczym 300 bar, przeznaczonej do pompowania smaru o klasie konsystencji NLGI do 2 (oleju o lepkości w temperaturze pracy

nie niższej niż 50 mm<sup>2</sup>/s). Pompa jest wyposażona w jeden element pompujący, podaje środek smarny cyklicznie, według ustalonego programu poprzez dozujący rozdzielacz progresywny typu VPBM i układ elastycznych przewodów do trzech punktów smarowania (do sześciu szczotek smarujących uzębienie łożyska). Pracę pompy kontroluje wbudowany w nią sterownik elektroniczny, który jednocześnie monitoruje poziom smaru w zbiorniku oraz jego podawanie przez pompę. W razie niesprawności generowany jest odpowiedni sygnał alarmowy. Wysokie ciśnienie robocze układu gwarantuje dostarczenie smaru (oleju) do wszystkich punktów smarowania.

## 6. PODSUMOWANIE

Zastosowanie progresywnych układów centralnego smarowania do smarowania łożyska wieńcowego wyrobu JAT-122, wskazuje na możliwość stosowania ww. układów w urządzeniach specjalnego przeznaczenia. Przedstawione układy posiadają następujące zalety:

- zwarta budowa oraz estetyczne wykonanie,
- łatwy montaż elementów układu,
- łatwe doprowadzenie środka smarnego za pomocą przewodów elastycznych do punktów smarowania,
- brak potrzeby kontroli działania (sterowniki układów smarowania są programowane przed uruchomieniem i w czasie eksploatacji nie wymagają ingerencji; objętości zbiorników zapewniają dwunastomiesięczny cykl pracy),
- sygnalizacja awarii oraz opróżnienia zbiornika,
- wysokie ciśnienie pracy, które gwarantuje dostarczenie środka smarnego do wszystkich punktów smarowania,
- zastosowanie w układach rozdzielaczy progresywnych, w których tłoki działają sekwencyjnie tzn. warunkiem wykonania ruchu przez tłok następny jest zakończenie ruchu przez tłok poprzedni.

Analiza kosztów związanych z zakupem smarownic automatycznych zastosowanych w prototypie do kosztu układów centralnego smarowania zastosowanych od drugiego egzemplarza jednostki antenowej JAT-122 wykazują porównywalne wyniki. Rachunek kosztów oraz zalety użytkowe z zastosowania systemów centralnego smarowania, które przedstawiono w treści artykułu uzasadniają potrzebę modernizacji układów smarowania bieżni oraz uzębienia mechanizmu.

## 7. LITERATURA

- [1] GIBCYŃSKA T., PYTKO S.: Łożyska toczne wieńcowe. Uczelniane Wydawnictwo N. – T. AGH, Kraków 1999.
- [2] LAWROWSKI Z.: Technika smarowania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
- [3] CZARNY R.: Systemy centralnego smarowania maszyn i urządzeń. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [4] Smarowanie łożysk tocznych. FAG – Publ. Nr 81115 PIA, Schweinfurt 1996.
- [5] Narzędzia do bezproblemowej obsługi łożysk. SKF, Październik 1997.



- [6] Samoczynne smarowniczki PERMA®. Perma – Informacje techniczne, Instrukcja stosowania.
- [7] Centralne systemy smarowania VOGEL®. Katalog, Listopad 2000.
- [8] Dokumentacja konstrukcyjna wyrobu JAT-122, Grupa AT.06.
- [9] SPAŁEK J.: Smarowanie przemysłowych przekładni zębatach. Zagadnienia teoretyczne. Politechnika Śląska, Gliwice, grudzień 2000.

### **CENTRALIZED LUBRICATION SYSTEMS – USED FOR GREASING OF SPECIAL PRODUCTS' SLEWING BEARINGS**

**Summary:** The paper presents centralized lubrication systems used for applying grease to raceways and for oiling teeth of the slewing bearing in the slewing gear of JAT–122 antenna unit. In the first part of the paper elementary notions related to lubrication and automatic lubricators used in the prototype of JAT–122 product are presented.

Recenzent: dr inż. Jacek SPAŁEK