

# Pneumatyka

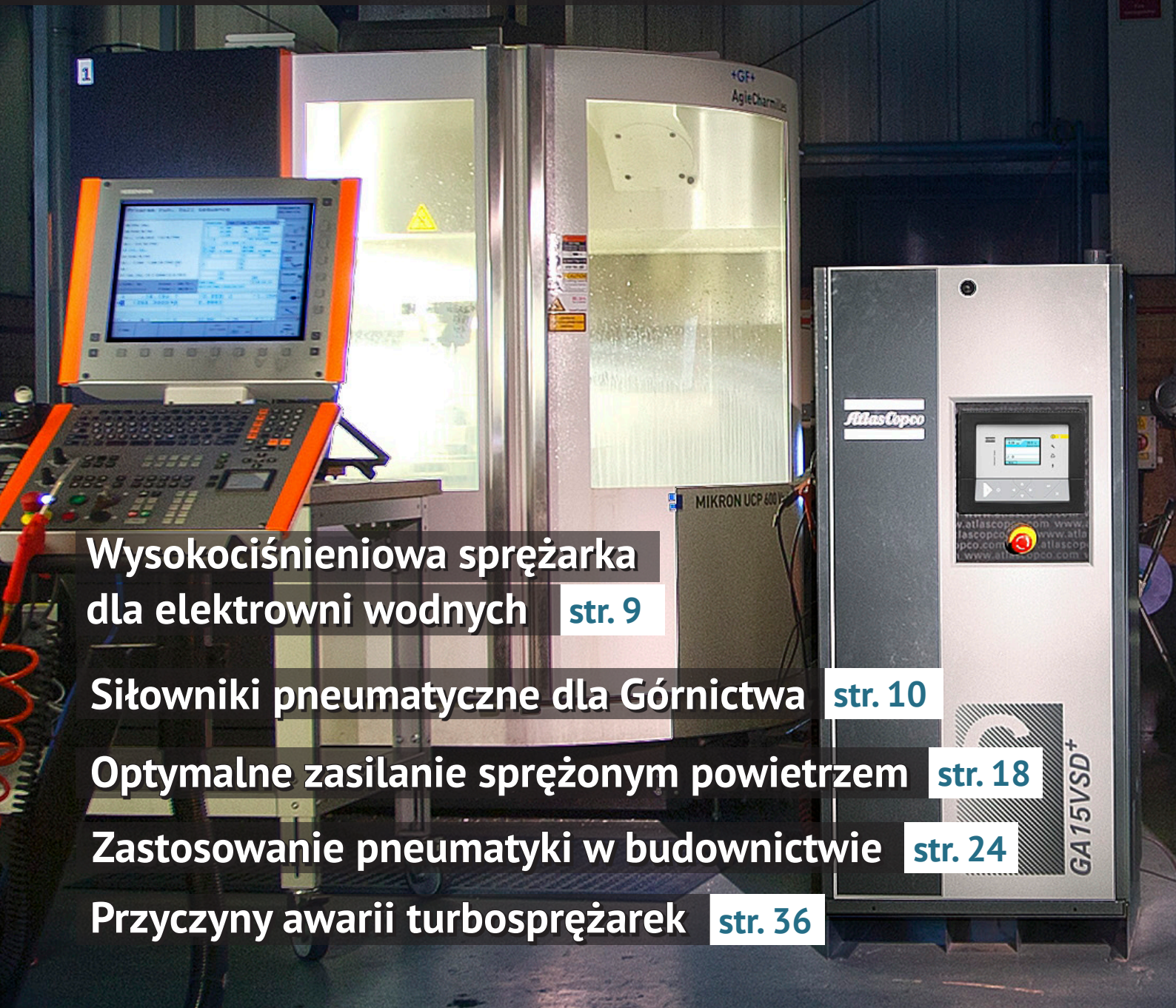
magazyn.pneumatyka.com

1 (86) 2013

kwartalnik

ISSN 1426-6644

Indeks 337 323



Wysokociśnieniowa sprężarka dla elektrowni wodnych **str. 9**

Siłowniki pneumatyczne dla Górnictwa **str. 10**

Optymalne zasilanie sprężonym powietrzem **str. 18**

Zastosowanie pneumatyki w budownictwie **str. 24**

Przyczyny awarii turbosprężarek **str. 36**

**Trzęsienie ziemi w Atlas Copco!**

Sprężarki postawione na głowie ! **str. 6**

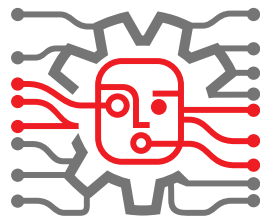


Międzynarodowe Targi Poznańskie



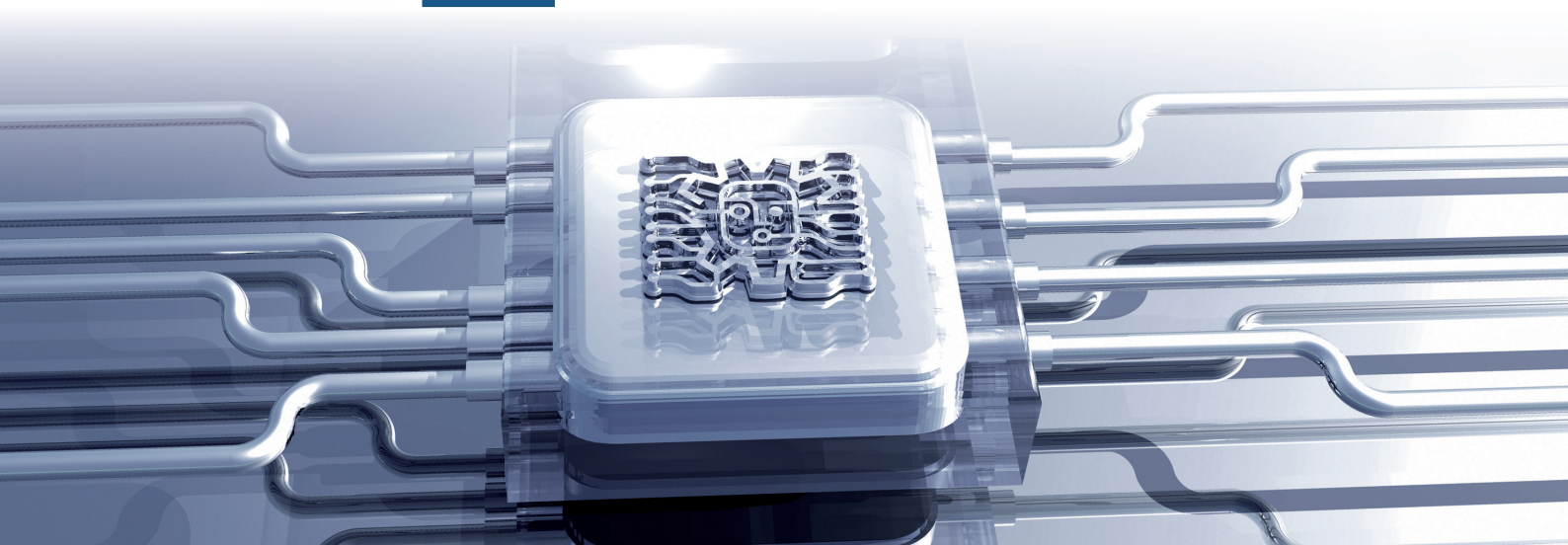
spotkaj przyszłość

**4-7 czerwca  
2013, Poznań**



**ITM  
POLSKA**

**INNOWACJE  
TECHNOLOGIE  
MASZYNY**



**HAPE**

**Salon Hydrauliki,  
Pneumatyki i Napędów**

**[www.hape.mtp.pl](http://www.hape.mtp.pl)**

**Fabryka  
najnowszych  
rozwiązań**

**XI Forum Inżynierskie: „Innowacje w przemyśle maszyn i urządzeń”**

•••  
**Dzień Mechanika**

•••  
konferencja „Niezawodność w utrzymaniu ruchu  
– strategie, metodologie, narzędzia”

•••  
seminarium Stowarzyszenia Stale Nierdzewne:  
„Co nowego w stalach nierdzewnych?”

•••  
seminarium Instytutu Mechaniki Precyzyjnej:  
„Azotowanie narzędzi i części maszyn”

•••  
Poligon Umiejętności: pokazy oraz wykłady

•••  
**Cax Innovation**

•••  
**Akademia Spawania**



Międzynarodowe Targi Poznańskie Sp. z o.o.

Głogowska 14, 60-734 Poznań,

tel. +48 61 869 20 93 , fax +48 61 869 29 66,

e-mail: itm@mtp.pl



## Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Państwa ręce kolejny numer kwartalnika Pneumatyka. Temat odnawialnych źródeł energii oraz oszczędności energentycznych stale zyskuje na znaczeniu, bowiem zmniejszenie zużycia energii w zakładach produkcyjnych wiąże się nie tylko z korzyściami ekologicznymi ale i finansowymi. Zachęcamy więc do zapoznania się z publikacjami na ten temat w aktualnym numerze naszego magazynu.

W lutym odbyły się już po raz szósty Targi Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań PNEUMATICON. Jak co roku tematyka spotkań dotyczyła zagadnień związanych z zakresem branżowym przybyłych wystawców. W szeroko oferowanym programie znalazły się między innymi spotkania na temat pomp ciepła, biogazowni, inteligentnej energetyki, fotowoltaiki czy odnawialnych źródeł energii. Kolejna edycja targów PNEUMATICON za rok, natomiast już teraz pragniemy Państwa bardzo serdecznie zaprosić 4-7 czerwca na targi ITM Polska do Poznania a także na Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej oraz Badań Nieniszczących CONTROL-TECH, które odbędą się 25-27 września w Kielcach.

Życząc przyjemnej lektury zachęcamy wszystkich przedsiębiorców i naukowców związanych z pneumatyką oraz sprężonym powietrzem do współpracy z kwartalnikiem Pneumatyka oraz portalem branżowym [pneumatyka.com](http://pneumatyka.com). Jednocześnie przypominamy, że aktualne wydanie kwartalnika w wersji elektronicznej znajdują Państwo także na łamach naszego serwisu internetowego.



Piotr Karcz  
redaktor naczelny

# SPIS TREŚCI

## SPRĘŻARKI



5

### Sprężarka śrubowa M 57 Utility – nie musi być przyłączana do elektrycznej sieci zasilającej

Modernizacja istniejących rozwiązań standardowych już od jakiegoś czasu robi furorę przede wszystkim w przemyśle samochodowym. Podobne rozwiązanie do specjalnych zastosowań sprężonego powietrza oferuje producent KAESER KOMPRESSOREN.

6

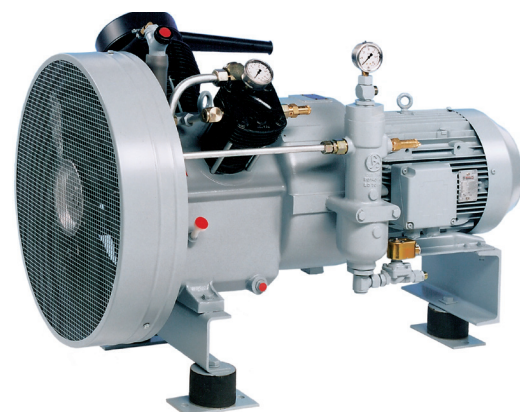
### Innowacyjne i kompaktowe sprężarki śrubowe z wtryskiem oleju o zmiennym wydatku. Przełomowa konstrukcja GAVSD+

W kwietniu 2013 na targach w Hanowerze firma Atlas Copco zaskoczyła rynek nową, niezwykle kompaktową sprężarką śrubową z wtryskiem oleju o mocy od 7 do 37 kW.

9

### Wysokociśnieniowa sprężarka dla elektrowni wodnych

Jesienią 2012 r. firma ALMiG Kompressoren Polska S.A., na zlecenie Instytutu Energetyki Oddział w Gdańsku, dostarczyła do Elektrowni Wodnej „Jeziorsko” wysokociśnieniową sprężarkę powietrza niemieckiej firmy J.P. Sauer & Sohn GmbH. Sprężarkę przeznaczono do współpracy z akumulatorem hydraulicznym.



## UZDATNIANIE SPRĘŻONEGO POWIETRZA



10

### Siłowniki pneumatyczne dla Górnictwa

Siłowniki pneumatyczne do stref zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego produkowane przez HAFNER Sp. J. spełniają rygorystyczne wymagania stawiane przez przemysł górniczy. Na podstawie opracowanej dokumentacji konstrukcyjnej uruchomiono produkcję siłowników zgodnych ze standardami wymiarowymi.

12

### Zielona energia szansą dla firmy

Zielony biznes to nie tylko dbałość o środowisko naturalne. To także wymierne korzyści, jakie może osiągnąć twoja firma. Warto zastanowić się, czy nie skierować przedsiębiorstwa na zielone tory.

18

### Optymalne zasilanie sprężonym powietrzem

Wytwarzanie sprężonego powietrza bez zawartości oleju przy mniejszym o 22,5% zużyciu energii elektrycznej.



## NAPĘDY I STEROWANIA PNEUMATYCZNE

24

Zastosowanie pneumatyki w budownictwie -  
Klapy Dymowe



Obecnie w budownictwie zastosowanie znajdują dwa podstawowe systemy napędowe klap dymowych: systemy pneumatyczne oraz elektryczne. Główne różnice dotyczą budowy samego systemu oraz źródła zasilania powodującego otwarcie się klap.

26

Charakterystyki trójnika pneumatycznego  
jako elementu przekazującego energię

Stanisław Gumuła  
Przemysław Łągiewka



30

System pneumatyczny linii technologicznej  
do wytwarzania kart wielowarstwowych

Tomasz Samborski  
Andrzej Zbrowski

36

Przyczyny awarii turbosprężarek  
Najczęstsze przyczyny uszkodzeń turbosprężarek.

41

Charakterystyki i sterowanie silników pneumatycznych

Ryszard Dindorf

## TARGI I KONFERENCJE

4

Trzy dni, 25 konferencji i ponad 1200 słuchaczy.  
Centrum Kongresowe jeszcze nie otwarte a w Targach  
Kielce królują konferencje

VI Targi Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań PNEUMATICON.

14

Technologie jutra na ITM Polska

Targi odbędą się w dniach 4-7 czerwca 2013 r. Tegoroczna edycja to 8 salonów  
branżowych oraz wydarzenie towarzyszące.

38

Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej  
oraz Badań Nieniszczących CONTROL-TECH

Od 25 do 27 września już po raz osiemnasty odbędą się w Targach Kielce.

Pneumatyka  
magazyn.pneumatyka.com

Redaktor naczelny  
inż. Piotr Karcz  
karcz@pneumatyka.com  
(+48) 602 414 184

Pneumatyka Sp. z o.o.  
ul. Mickiewicza 66  
41-807 Zabrze  
redakcja@pneumatyka.com

## Komitet naukowo-techniczny

prof. nadzw. dr hab. inż.  
Łukasz N. Węsierski

prof. dr hab. inż.  
Franciszek Siemieniako

prof. zw. dr hab. inż.  
Tadeusz Mikulczyński

prof. nadzw. dr hab. inż.  
Mariusz Olszewski

prof. dr hab. inż.  
Ryszard Dindorf

dr inż. Kazimierz Dzierżek

dr inż. Janusz Pluta

## Recenzenci wydania

prof. dr hab. inż. Franciszek Siemieniako  
dr inż. Tomasz Kuźmierowski  
dr inż. Cezary Kownacki  
dr inż. Kazimierz Dzierżek

## Reklama / prenumerata

reklama@pneumatyka.com  
prenumerata@pneumatyka.com

Na okładce wykorzystano zdjęcie  
sprężarki z oferty firmy Atlas Copco.  
Redakcja nie odpowiada za treści  
zamieszczonych reklam.

# Trzy dni, 25 konferencji i ponad 1200 słuchaczy. Centrum Kongresowe jeszcze nie otwarte a w Targach Kielce królują konferencje

VI Targi Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań PNEUMATICON oraz odbywające się równocześnie EneX, Enex Nowa Energia oraz Ekotech, które zakończyły się ostatnim dniem lutego to nie tylko 200 wystawców prezentujących najnowocześniejszy sprzęt z zakresu m.in. odnawialnych źródeł energii, ekologii i pneumatyki i ponad 6.500 zwiedzających. To także 25 branżowych szkoleń i konferencji, w których udział wzięło 1200 osób.

Tematyka spotkań dotyczyła przeróżnych tematów związanych z zakresem branżowym wyżej wymienionych wystaw. W programie znalazły się między innymi spotkania na temat pomp ciepła, biogazowni, gospodarowania odpadami, gospodarki wodnej i wodno-ściekowej, inteligentnej energetyki, zielonej energii, selektywnej zbiórki odpadów, biomasy, fotowoltaiki, gmin energetycznych czy odnawialnych źródeł energii. Konferencję „Zwiększenie wydajności systemów produkcji sprężonego powietrza” zorganizował serwis branżowy pneumatyka.com natomiast na seminarium „Krajowy sektor techniki płynowej wobec wyzwań innowacyjnych – technologicznych i rynkowych” zaprosiła Izba Gospodarcza Komponentów i Technologii. Dużym sukcesem okazało się także szkolenie Punkty selektywnej zbiórki odpadów (PSZOK) – ciekawe i praktyczne rozwiązania dla gmin, którego celem było przedstawienie przepisów prawa dotyczących organizacji Punktów Selektywnej Zbiórki Odpadów Komunalnych (PSZOK) ale przede wszystkim przykładów stosowanych rozwiązań i dobrych praktyk. Konferencję rozpoczęła videokonferencja na żywo z Marią Banti z Komisji Europejskiej (DG Environment, Unit C2: Waste management). W spotkaniu wzięło udział około 200 słuchaczy.



Podczas trzech targowych dni na PNEUMATICONIE swoje produkty zaprezentowały firmy świadczące usługi instalacyjne, naprawcze, inżynierskie i projektowe a także prowadzące doradztwo techniczne, dające patenty i licencje. Zakres branżowy PNEUMATICONU stanowią każdego roku między innymi elementy oraz systemy pneumatyczne i hydrauliczne, sterowniki, napędy - układy, systemy automatycznego sterowania procesami z udziałem pneumatycznych i hydraulicznych elementów wykonawczych. Na stoiskach prezentowane były roboty przemysłowe i manipulatory, można było zapoznać się z technikami pomiarowymi i laboratoryjnymi oraz z elementami wyposażenia i częściami zamiennymi.

# Sprężarka śrubowa M 57 Utility – nie musi być przyłączana do elektrycznej sieci zasilającej

Modernizacja istniejących rozwiązań standardowych już od jakiegoś czasu robi furorę przede wszystkim w przemyśle samochodowym. Podobne rozwiązanie do specjalnych zastosowań sprężonego powietrza oferuje producent KAESER KOMPRESSOREN – stacjonarną sprężarkę śrubową M 57 Utility z napędem wysokoprężnym.

Innowacyjne rozwiązania są często bardzo proste – należy tylko na nie wpaść. Podobnie było z wynalezieniem koła, które zrewolucjonizowało cały świat. Koncepcja nowej sprężarki M 57 Utility ma w pośredni sposób związek z tym wynalazkiem. Urządzenie łączy w sobie zalety nowoczesnej, stacjonarnej sprężarki śrubowej z niezależnością wykorzystania sprężarki przewoźnej. Oznacza to, że ma ono charakter stacjonarny, a mimo to można je przemieszczać. Ten, kto widzi tutaj niezgodność, nie ma racji. Dzięki napędowi silnikiem wysokoprężnym urządzenie M 57 Utility nie wymaga przyłączenia do elektrycznej sieci zasilającej i można je umieszczać stacjonarnie na samochodach ciężarowych. Rozwiązanie to doskonale sprawdza się w budownictwie drogowym. Znajdujący się u góry obudowy zaczep haka ułatwia transport. Urządzenie można przemieszczać także za pomocą wózka widłowego.

M 57 Utility odznacza się dużą wydajnością, energooszczędnością i łatwością w obsłudze, spełniając w ten sposób wymagania stawiane nowoczesnym sprężarkom śrubowym. Efektywna wydajność sprężarki wynosi 5,1 m<sup>3</sup>/min przy ciśnieniu 7 bar, zaś jej moc napędowa 36 kW. Urządzenie zostało zaprojektowane do pracy w zakresie temperatury otoczenia od -10 do +50 °C. Oprócz tego istnieje wersja przeznaczona do pracy w niskich temperaturach, która pozwala na niezawodne wytwarzanie sprężonego powietrza do -25 °C.

Podstawowym elementem urządzenia jest blok sprężarki śrubowej z profilem SIGMA, który jest napędzany za pomocą chłodzonego wodą czterocylindrowego silnika wysokoprężnego Kubota. Kombinacja ta jest bardzo wydajna i energooszczędna. Efekt wzmacnia dodatkowo napęd bezpośredni 1:1, który pracuje bez – nieuniknionych w przekładniach lub przy napędzie pasowym – strat przesyłowych.

**Rys.** Nowa sprężarka śrubowa M 57 Utility umożliwia energooszczędne zasilanie sprężonym powietrzem na małej powierzchni, np. w budownictwie drogowym. Urządzenie napędzane silnikiem wysokoprężnym, przy ciśnieniu 7 bar wytwarza 5,2 m<sup>3</sup> sprężonego powietrza na minutę, bez uzależnienia od stacjonarnych źródeł energii elektrycznej.

Do czołowych zalet urządzenia M 57 Utility należy jego kompaktowa budowa połączona z dużą wydajnością i energooszczędnością. Wszystkie punkty konserwacyjne są łatwo dostępne po zdjęciu obudowy od strony powierzchni załadowniczej. Urządzenie jest tankowane od przodu. Tam też znajdują się odpowiednio rozmieszczone: chroniony klapą metalową podświetlany panel sterowniczy, przyłącza konserwacyjne oraz trzy przyłącza sprężonego powietrza.

Opatentowana regulacja przeciwmrozowa Anti-Frost Control chroni przyłączone narzędzia przed uszkodzami, które mogą powstać w wyniku oddziaływania mrozu i korozji. Oznacza to zwiększoną niezawodność narzędzi oraz dłuższy okres ich trwałości. Seryjny filtr paliwa z separatorem wody oraz skierowany ku górze wylot spalin, wykonany ze stali szlachetnej z ochroną przeciwdeszczową, znacząco zwiększają bezpieczeństwo pracy. Dostarczany osprzęt, jak regulowane stopy, naolejacz narzędziowy oraz chłodnica końcowa sprężonego powietrza, pozwalają na dokładne dopasowanie do warunków, w których pracuje urządzenie.

Źródło: Kaeser Kompressoren



# Innowacyjne i kompaktowe sprężarki śrubowe z wtryskiem oleju o zmiennym wydatku. Przełomowa konstrukcja GAVSD+

## PRZEŁOMOWA I ENERGOOSZCZĘDNA TECHNOLOGIĘ KOMPAKTOWYCH SPRĘŻAREK

W kwietniu 2013 na targach w Hanowerze firma Atlas Copco zaskoczyła rynek nową, niezwykle kompaktową sprężarką śrubową z wtryskiem oleju o mocy od 7 do 37 kW: GA 7-37VSD+. Nie tylko niewielkie wymiary i pionowa koncepcja zabudowy stanowią o rewolucyjności tego rozwiązania. Wydatek sprężarki wzrósł nawet o 12%, przy jednoczesnym niższym zużyciu energii elektrycznej. Nowe sprężarki GA7-37VSD+ przeciętnie zużywają o 50% mniej energii niż porównywalne sprężarki stałobrotowe. Są to urządzenia całkowicie nowego typu, sterowane zmienną prędkością obrotową silnika (zmienny wydatek) i są w stanie sprawdzić się w większości branż i zastosowań. W znaczny sposób przyczyniają się do realizacji potrzeb ekologicznej gospodarki.

Firma Atlas Copco oferując nową sprężarkę VSD+ odpowiedziała tym samym na najbardziej palące potrzeby klientów: lepsze parametry wydajnościowe, niższe zużycie energii, niskie poziomy hałasu i mniej miejsca potrzebnego do zainstalowania urządzenia. Sprężarka z napędem o zmiennej prędkości GA VSD+ osiąga lepsze wyniki nawet przy pełnym obciążeniu niż porównywalna sprężarka pracująca w systemie dociąż / odciąż.







## INNOWACJA W SPRĘŻARKACH Z WTRYSIEM OLEJU, CHŁODZONYCH OLEJEM

Dzięki zastosowaniu wewnętrznego silnika z magnesami stałymi inżynierowie zaangażowani w projekt i wykonanie modelu GA VSD+ zauważyli znaczącą poprawę parametrów. Ten całkowicie nowy, zaprojektowany w firmie Atlas Copco silnik osiąga wydajność odpowiadającą klasie efektywności IE 4 (klasa silników o wydajności Super Premium). Silnik i układ przeniesienia napędu korzystają z jednego wału napędowego i są ustawione w pozycji wertykalnej, dzięki czemu zajmują o 55% mniej miejsca w porównaniu do urządzeń z poprzedniej serii. Cały układ przeniesienia napędu jest zupełnie zamknięty, a do chłodzenia silnika i smarowania stopnia oraz łożysk służy jeden obieg oleju. Rezultatem jest cicha (nawet 62 db(A)), niezawodna i kompaktowa sprężarka, która pozwala na oszczędność miejsca i energii, osiągając równocześnie wyższą wydajność sprężonego powietrza.

## MAŁA SPRĘŻARKA, WIELKIE IDEE

Firma Atlas Copco poddała surowej ocenie każdy element nowej sprężarki: wydajniejszy wentylator, wytrzymały układ wlotu powietrza, eliminacja strat na spustach kondensatu i najlepsze podzespoły elektroniczne. Wszystkie te elementy składowe razem z nowym układem przeniesienia napędu w porównaniu do tradycyjnej sprężarki pracującej w systemie dociąż/odciąż tego samego typu, dają oszczędności energii elektrycznej średnio na poziomie 50%. W porównaniu do dotychczas oferowanych sprężarek z napędem o zmiennej prędkości firmy Atlas Copco nowy model GA VSD+ jest jeszcze o 15% wydajniejszy. Wersja Full-Feature, czyli urządzenie z wbudowanym osuszaczem jest dostępna jako opcja.

Atlas Copco



# MEDIA TECHNICZNE W ZAKŁADZIE PRODUKCYJNYM

*OPTYMALIZACJA, OSZCZĘDNOŚĆ, EFEKTYWNOŚĆ*

**Teresin pod Warszawą, 19-20 czerwca 2013 r.**

**Prelegenci  
Praktycy**

**Wymierne  
oszczędności**

**Wybitni  
Eksperci**

**Sprawdzone  
rozwiązania**

**Przykłady  
optymalizacji**

**11 CASE  
STUDIES**

## WSZYSTKIE PRELEKCJE OPARTE NA CASE STUDIES

energia cieplna, energia elektryczna, para technologiczna, gaz ziemny – SM Mlekovita

sprężone powietrze - Aria-C

energia elektryczna, powietrze technologiczne - Ardach Glass S.A.

energia elektryczna – kogeneracja - Coca-Cola HBC Polska sp. z o.o.

sprężone powietrze - British American Tobacco Polska S.A.

sprężone powietrze - Parker Hannifin Sp. z o.o.

energia elektryczna – ZF POLPHARMA S.A.

oszczędność mediów na linii produkcyjnej – chłodziwa – eComau

ograniczanie ryzyka i obniżanie strat w układach mediów technicznych - UE- Systems

oleje przemysłowe - Fuchs Oil Corporation (PI) Sp. z o.o.

**WSPÓLNA  
KOLACJA**



To wyjątkowa okazja do zapoznania się z narzędziami i efektywnymi rozwiązaniami skutkującymi osiągnięciem znaczących oszczędności mediów produkcyjnych w referencyjnych przedsiębiorstwach

# Wysokociśnieniowa sprężarka dla elektrowni wodnych

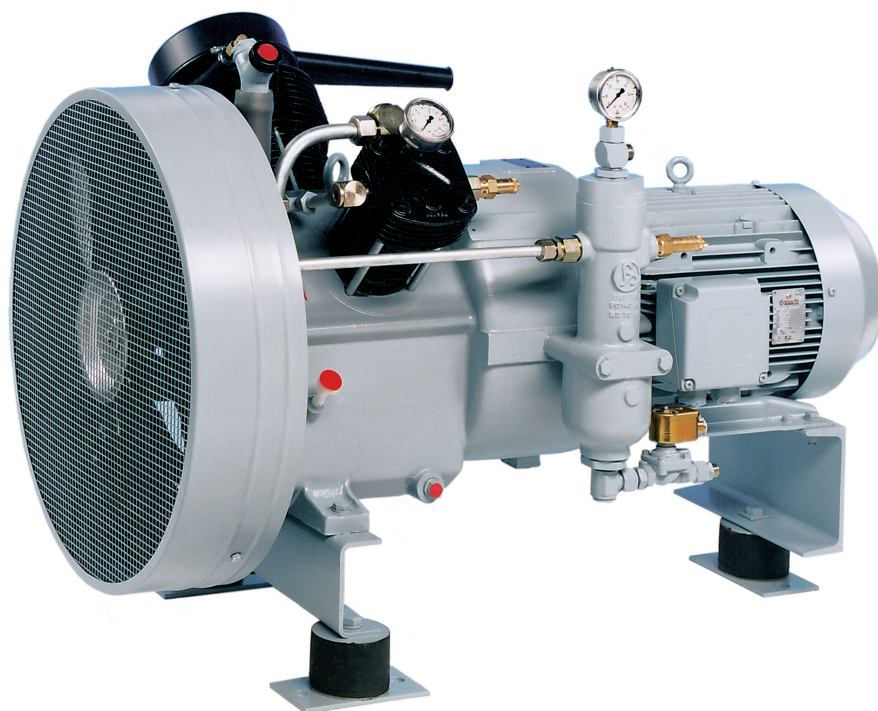
Jesienią 2012 r. firma ALMiG Kompressoren Polska S.A., na zlecenie Instytutu Energetyki Oddział w Gdańsku, dostarczyła do Elektrowni Wodnej „Jeziorsko” wysokociśnieniową sprężarkę powietrza niemieckiej firmy J.P. Sauer & Sohn GmbH. Sprężarkę przeznaczono do współpracy z akumulatorem hydraulicznym.

Akumulator hydrauliczny w Elektrowni Wodnej „Jeziorsko” jest urządzeniem przewidzianym do pracy w układzie olejowo-ciśnieniowym jako akumulator do zasilania układu regulacji dwóch turbin Kaplana. Zadaniem akumulatora hydraulicznego jest:

- magazynowanie energii hydraulicznej,
- zasilanie układu hydraulicznego,
- kompensacja przecieków cieczy roboczej.

Do stworzenia i utrzymania poduszki powietrznej wykorzystywane jest sprężone powietrze. W tym celu zastosowano wysokociśnieniową sprężarkę J.P. Sauer & Sohn typ WP 15L. Dwucylindrowa sprężarka o dwóch stopniach sprężania posiada wydajność 12,7 m<sup>3</sup>/h przy ciśnieniu max 40 bar i zasilana jest silnikiem elektrycznym o mocy 4 kW. Sprężarka współpracuje ze zbiornikiem ciśnieniowym na sprężone powietrze o pojemności 250 litrów. Ciśnienie w zbiorniku utrzymywane jest w przedziale od 37 do 38 bar.

Poduszka powietrzna zajmuje podczas pracy ok. 70% objętości całkowitej zbiornika. Uzupelnianie ilości sprężonego powietrza i tym samym utrzymanie właściwego poziomu oleju odbywa się poprzez układ automatycznego dopowietrzania.



Do sterowania ww. układem wykorzystywane są dwa sygnalizatory na poziomowskazie magnetycznym, natomiast do sygnalizacji awaryjnych poziomów oleju – dwa pozostałe sygnalizatory. Zbiornik ładowany jest przez dwa zespoły pompowe sterowane przy pomocy bloku kontroli ciśnienia. W układzie hydraulicznym przewidziano również zawory do likwidacji poduszki powietrznej oraz opróżnienia zbiornika z oleju.

Sprężarka WP 15L jest kolejną sprężarką firmy J.P. Sauer & Sohn GmbH, która znalazła zastosowanie w elektrowni wodnej w Polsce. Wyłącznym przedstawicielem firmy J.P. Sauer & Sohn GmbH na terenie naszego kraju, w zakresie sprzedaży oraz serwisu gwarancyjnego i pogwarancyjnego, jest ALMiG Kompressoren Polska S.A. z siedzibą w Warszawie przy ul. Kolumba 22.

**ALMiG Kompressoren Polska S.A.**



Fot. Rzuwig (wikipedia.org)

# Siłowniki pneumatyczne dla Górnictwa

Siłowniki pneumatyczne do stref zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego produkowane przez HAFNER Sp. J. spełniają rygorystyczne wymagania stawiane przez przemysł górniczy. Na podstawie opracowanej dokumentacji konstrukcyjnej uruchomiono produkcję siłowników zgodnych ze standardami wymiarowymi ISO i CNOMO oraz Polskiej Normy PN-EN 13463-1:2010.

Klasyfikację siłowników do Grupy I kategorii M2 potwierdza Certyfikat wydany przez INSTYTUT TECHNIKI GÓRNICZEJ - Zakład Badań i Atestacji "KOMAG" z Gliwic.

**INSTYTUT TECHNIKI GÓRNICZEJ KOMAG**  
Zakład Badań i Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca  
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice



**CERTYFIKAT ZGODNOŚCI**  
Nr **KOMAG/13/ATEX/ST/0086**  
System 5 wg PKN-ISO/IEC Guide 67:2007

Nazwa wyrobu: **Siłowniki pneumatyczne**

Typ (odmiany): **Zgodnie z załącznikiem do certyfikatu zawierającym specyfikację siłowników**

Nazwa i adres dostawcy wprowadzającego wyrób do obrotu: **HAFNER POMAGIER-TRZEBUCHOWSCY Spółka Jawna**  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 97, 87-100 Toruń

Nazwa i adres producenta wyrobu: **HAFNER POMAGIER-TRZEBUCHOWSCY Spółka Jawna**  
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 97, 87-100 Toruń

Identyfikacja wyrobu: **zgodnie z załącznikiem do certyfikatu, zawierającym parametry techniczne i specyfikację dokumentacji**

Potwierdzenie zgodności z:

- Zasadniczymi wymaganiami zawartymi w Załączniku II Dyrektywy Unii Europejskiej nr 94/9/WE z dnia 23 marca 1994 r. (wdrożonej rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem Dz. U. Nr 263, poz. 2203)
- Norma: PN-EN 13463-1:2010

Certyfikat jest ważny od **14 maja 2013 r.** do **13 maja 2018 r.** Dotyczy wyłącznie egzemplarzy wyrobów posiadających identyczne właściwości (parametry) jak przedstawiony do badań wzór (wzory) i odpowiadających wymaganiom określonym powyżej.

Gliwice, dnia **14 maja 2013 r.**

Pneumatyka jako technika napędowa ze względu na swoje zalety znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu i jest powszechnie stosowana do automatyzacji procesów produkcyjnych, maszyn i urządzeń oraz linii technologicznych. Szczególnym obszarem stosowania elementów pneumatyki w tym siłowników pneumatycznych jest branża górnicza. Siłowniki pneumatyczne (jako tzw. elementy wykonawcze) i elementy sterujące od dawna stosowane są zarówno w wyrobiskach podziemnych jak również w procesach transportu i przetwarzania węgla na powierzchni. Jednak w porównaniu do standardowych zastosowań siłowniki pracujące pod ziemią narażone są na szereg niekorzystnych czynników zewnętrznych wpływających w sposób zdecydowany na odmienność ich rozwiązań konstrukcyjnych. Do tych czynników zalicza się: wysoką wilgotność, silne zapylenie i zanieczyszczenie, zmienne obciążenia, drgania, występowanie nieprzewidywalnych sił zewnętrznych oraz wysoką temperaturę. Do niekorzystnych czynników zaliczyć można także nieodpowiedni zwykle poziom przygotowania medium roboczego (zanieczyszczenia, występowanie wody i emulsji). Środowisko pracy w sposób niekorzystny wpływa na trwałość siłowników w czasie ich eksploatacji, w związku z czym istotnym staje się stosowanie odpowiednich komponentów i części zapewniających odpowiednią żywotność. Dotyczy to zwłaszcza rodzaju i materiału uszczelnień wewnętrznych, rodzaju powłok zabezpieczających (chromowana powierzchnia wewnętrzna tulei, chromowane tłoczysko itp.). Siłowniki pneumatyczne wyposażone są zwykle w tzw. amortyzację pneumatyczną, która spowalnia ruch tłoczyska w końcowej fazie zwiększając trwałość poprzez eliminowanie uderzeń elementów wewnętrznych o pokrywy. Dodatkowo, ze względu na możliwość występowania zagrożenia wybuchem metanu, pyłów, pyłu węglowego nie mogą one stanowić zagrożenia pożarowego. Środowisko pracy oraz przepisy bezpieczeństwa wymuszają na producentach pneumatyki konstruowanie i produkowanie wyrobów tak, aby zapewnić pełne bezpieczeństwo dla ich przyszłych użytkowników. Zasady konstruowania elementów pracujących pod ziemią zawarte zostały w Polskiej Normie PN-EN 13463-1:2010. Podstawowymi

### Załącznik

do CERTYFIKATU ZGODNOŚCI Nr KOMAG/13/ATEX/ST/0086

(strona 2/2)

#### b) wyniki badań, certyfikaty

- Badania przeprowadzone w miejscu produkcji pod nadzorem jednostki certyfikującej (zapisz w raporcie z procesu certyfikacji)

#### c) rysunki konstrukcyjne

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| - nr GI-001-032 | - nr GC-001-032 |
| - nr GI-001-040 | - nr GC-001-040 |
| - nr GI-001-050 | - nr GC-001-050 |
| - nr GI-001-063 | - nr GC-001-063 |
| - nr GI-001-080 | - nr GC-001-080 |
| - nr GI-001-100 | - nr GC-001-100 |
| - nr GI-001-125 | - nr GC-001-125 |
| - nr GI-001-160 | - nr GC-001-160 |
| - nr GI-001-200 | - nr GC-001-200 |
| - nr GI-001-250 | - nr PP-032-250 |

#### (A4) OZNACZENIE CERTYFIKOWANEGO WYROBU

Oznaczenie wyrobu wynikające z Dyrektywy 94/9/WE powinno zawierać symbole:



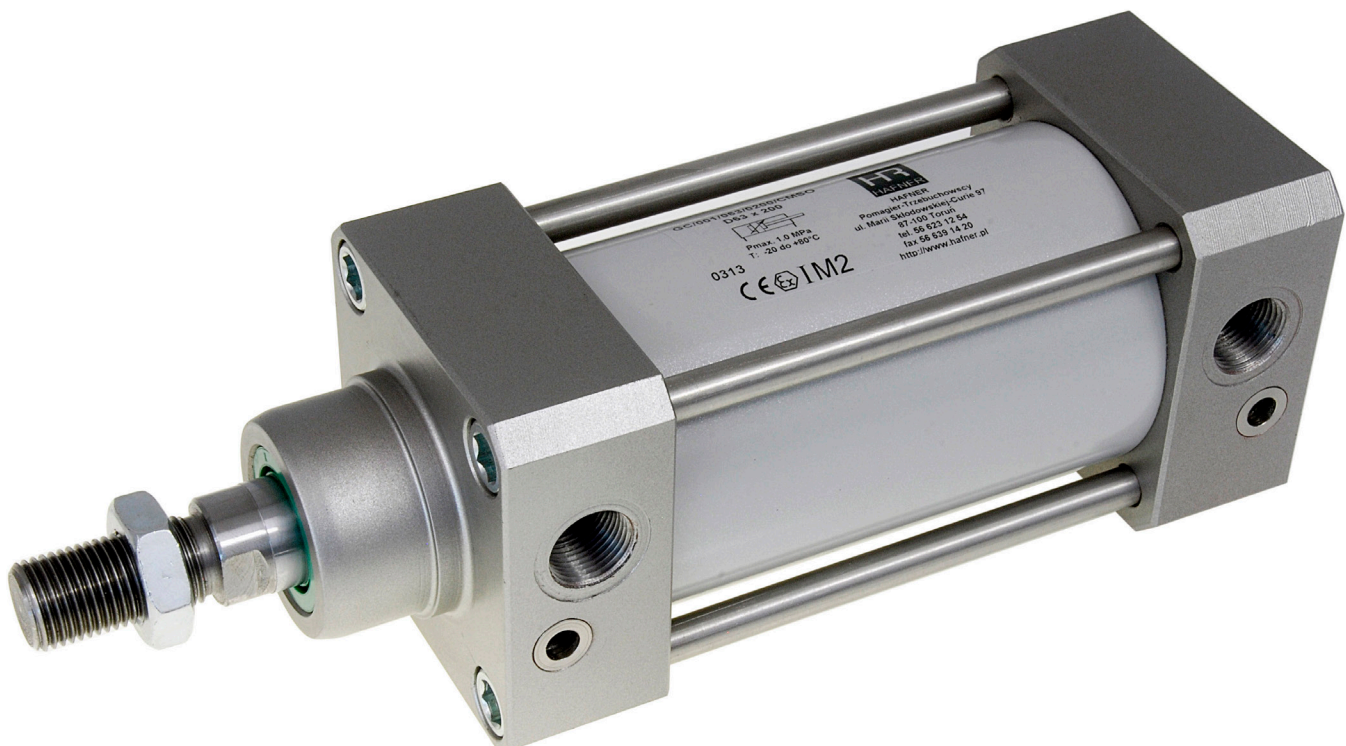
**KOMAG**

Kryteriami które muszą być uwzględnione przy konstruowaniu takich siłowników są: stosowanie odpowiednich materiałów na zewnętrzne części siłowników, zapewnienie wyeliminowania potencjalnych i realnych źródeł zapłonu, zapewnienie wysokiej trwałości i bezawaryjności. W zależności od miejsca i charakteru pracy siłowników pneumatycznych norma przewiduje odpowiednie grupy i kategorie urządzeń, przy czym dla górnictwa wyroby muszą spełniać wymagania stopnia bezpieczeństwa dla grupy I kategorii M1 lub grupy I i kategorii M2. Zakwalifikowanie siłowników do odpowiedniej grupy i kategorii przy spełnieniu warunków normy jest obowiązkiem producenta. Wyroby produkowane zgodnie z tymi grupami i kategoriami muszą spełniać następujące podstawowe warunki:

- zastosowane materiały nie mogą zawierać odpowiedniej ilości metali lekkich
- urządzenie nie mogą stwarzać zagrożenia wystąpienia iskier
- powierzchnie urządzenia nie mogą nagrzewać się powyżej określonych temperatur
- powinny być odporne na działanie środowiska
- urządzenie muszą posiadać odpowiednie oznakowania w tym trwałe.

Dodatkowo producenci zobowiązani są do wystawiania odpowiednich dokumentów potwierdzających zgodność wyrobów z normami. Renomowani producenci posiadają również Certyfikaty wydane przez jednostki notyfikowane. Siłowniki w wykonaniach górniczych spełniające powyższe wymagania znajdują się w ofercie produkcyjnej firmy HAFNER SP.J.

**HAFNER SP.J.**



# Zielona energia szansą dla firmy

Zielony biznes to nie tylko dbałość o środowisko naturalne. To także wymierne korzyści, jakie może osiągnąć twoja firma. Warto zastanowić się, czy nie skierować przedsiębiorstwa na zielone tory.

Pojęcie „zielone” robi w ostatnim czasie zawrotną karierę. Jemy zieloną żywność, coraz więcej czasu spędzamy w zielonych miejscach, wybieramy ekologiczne urządzenia. Jednocześnie w mediach toczy się gorączkowa dyskusja nad zmianami klimatycznymi. Prowadząc biznes nie możemy przechodzić obojętnie obok otaczającej nas rzeczywistości. Szczególnie, jeśli jednym z naszych biznesowych haseł jest odpowiedzialność i troska o środowisko naturalne.

Chcąc być bardziej proekologicznymi zastanawiamy się często, co jeszcze możemy zmienić, by swoim zachowaniem jak najmniej szkodzić matce – Ziemi. Pytamy sami siebie: Jakiego sprzętu używać i jak o niego dbać, by pracował tylko wtedy, gdy to naprawdę konieczne? Gdy myślimy o zielonym biznesie, dylemat włączonych lub wyłączonych urządzeń możemy zastąpić innym: Jaką energią je napędzać? Odpowiedź przynosi rynek, który proponuje dziś oferty zielonej energii, produkowanej w 100% ze źródeł odnawialnych. Do tej pory znane były oferty mieszane, gdzie w procesie wytwarzania prądu udział brało więcej surowców. Teraz możemy mieć pewność, że dla naszej firmy kupujemy w pełni zieloną moc. – Każdy klient otrzymuje od nas specjalny certyfikat, który jest potwierdzeniem, że cała energia została wyprodukowana w sposób przyjazny dla środowiska, wyłącznie ze źródeł odnawialnych – tłumaczy Przemysław Chrych z Działu Marketingu i Sprzedaży GDF SUEZ Energia Polska S.A.



Farma Pągów (woj. opolskie) o mocy produkcyjnej 51 MW, z najnowocześniejszymi i najwyższymi turbinami, jakie do tej pory zainstalowano w Polsce (Autor: GDF SUEZ Energia Polska S.A.)

Wiele małych i średnich firm może wykorzystać zieloną energię oraz poświadczenie jej zakupu do promocji swojego biznesu i budowania przewagi konkurencyjnej. Warto pamiętać bowiem, że tylko niewielka ilość prądu, z którego korzystamy na co dzień, powstaje ze źródeł odnawialnych. Dlatego przejście na zieloną stronę mocy może być dla naszego przedsiębiorstwa dobrą okazją, by zacząć się wyróżniać na rynku.

**Aleksandra Głąb**  
MediateQa



Zielony Blok w Połańcu - największy na świecie blok energetyczny opalany wyłącznie biomasą (Autor: GDF SUEZ Energia Polska S.A.).



Farma Wartkowo o mocy produkcyjnej 31 MW pochodzącej z 15 turbin, zlokalizowana 20 km od linii brzegowej Kołobrzegu (Autor: GDF SUEZ Energia Polska S.A.).



**speed**  
version

INSTYTUT SPAWALNICZY

Kierownik pawilonu  
hall master

12

HYDRO

ULTRON



WWW.SUD



# Technologie jutra na ITM Polska

Targi ITM Polska to największe wydarzenie w Polsce, gdzie spotykają się specjaliści ze wszystkich najważniejszych gałęzi światowego przemysłu. Targi odbędą się w dniach 4-7 czerwca 2013 r. Tegoroczna edycja to 8 salonów branżowych oraz wydarzenie towarzyszące: Targi Kooperacji Przemysłowej SUBCONTRACTING.

W Poznaniu swoją ofertę prezentują producenci i dystrybutorzy: obrabiarek, narzędzi, urządzeń do obróbki blach, pneumatyki, utrzymania ruchu, aparatury kontrolno-pomiarowej, oprzyrządowania technologicznego, oprogramowania, lakiernictwa, metalurgii, odlewnictwa, spawalnictwa oraz firmy oferujące usługi w zakresie doradztwa technicznego itp. Przedstawiane są również innowacyjne rozwiązania krajowych instytutów badawczych, jednostek naukowych, wyższych uczelni, firm i instytucji.

## ŚWIATOWE MARKI W POZNANIU

Na ITM Polska pojawią się międzynarodowe marki: m.in. Abplanalp Consulting, ABH, Agie Charmilles, APX Technologie, Archimedes, Avia, BLM Group, Boschert, BS System, Bystronic, Carl Zeiss, Dematec, DMG/Mori Seiki, Eckert, Erall, Fanuc Robotics, Faro Technologies, Hurco, HTM, Igus, LVD, Marani, Mitutoyo, Pol-sver, Pneumatic, Prima Power, Siemens, Sinkoplex, Tox Pressotechnik, Trumpf Polska, Wobit, Yamazaki Mazak.

Swoją obecność mocno zaakcentuje w tym roku Turcja, prezentująca szeroką ofertę firm z branży plastycznej obróbki blach. Na stoisku Badenia – Wittembergia w pawilonie 5A z kolei będzie można zapoznać się z ofertą blisko 20 firm narzędziowych. Po raz drugi zostanie zrealizowana wspólna inicjatywa Polsko-Szwajcarskiej Izby Gospodarczej oraz Swiss Business Hub Polska w postaci Pawilonu Szwajcarskiego.

Na ITM Polska zaprezentuje się także Słowacko-Polska Izba Handlowa, Ministerstwo Gospodarki Republiki Słowackiej oraz Stowarzyszenie Przemysłu Maszynowego z Tajwanu oraz Korei.

## LICZY SIĘ POTENCJAŁ WIEDZY

Innowacyjność jest niezbędna w branży przemysłowej, dlatego na targach nie zabraknie cennego transferu wiedzy. Tradycyjnie odbędzie się XI Forum Inżynierskie z tematem przewodnim „Innowacje w przemyśle maszyn i urządzeń”. Organizatorem Forum jest Naczelna Organizacja Techniczna.

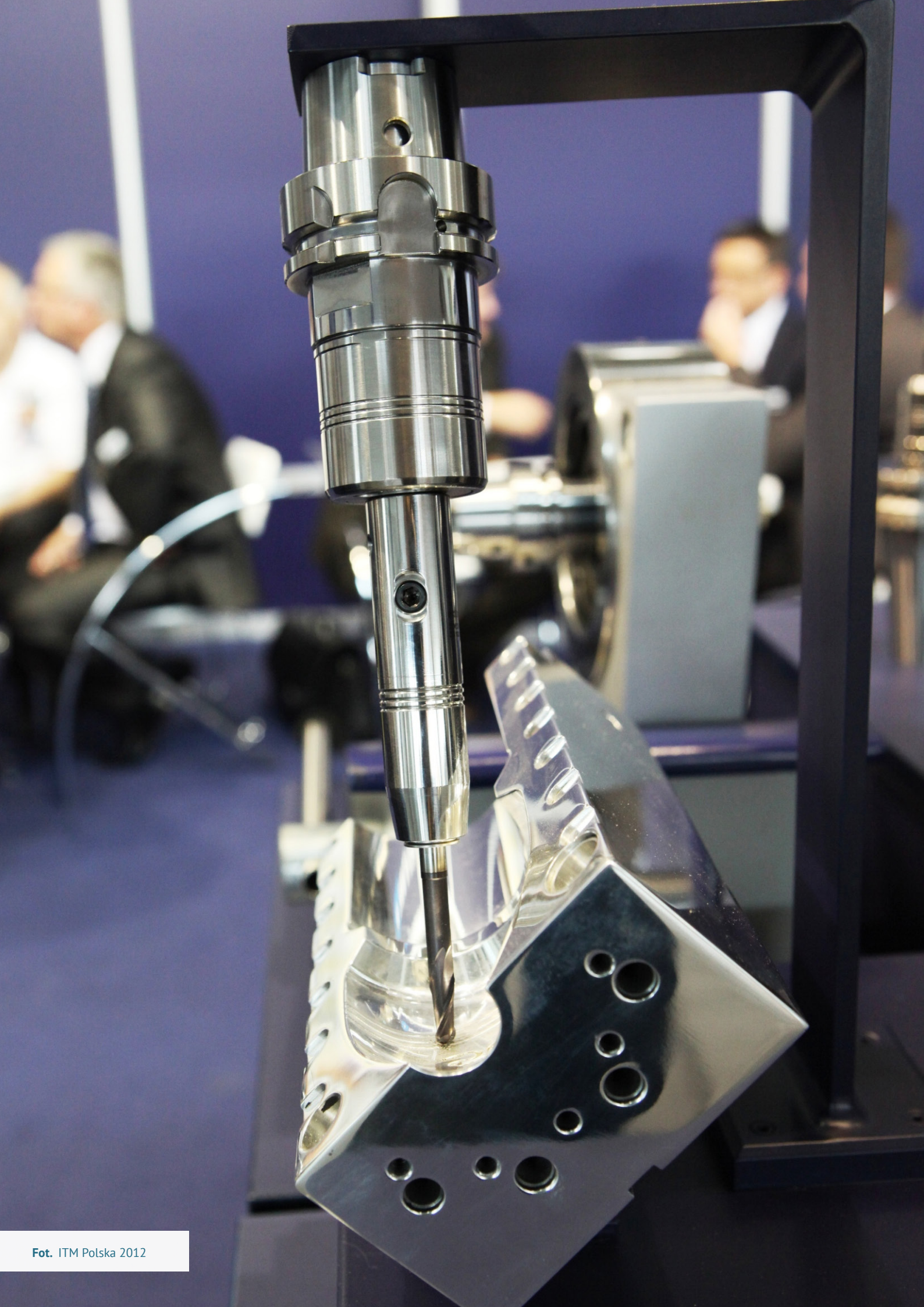
Spotkaniem specjalistów będzie też seminarium Stowarzyszenia Stale Nierdzewne pt. „Co nowego w stalach nierdzewnych?”, czy też warsztaty dla lakierników, technologów i kierowników lakierni – „Przegląd systemów lakierniczych z przykładami”.

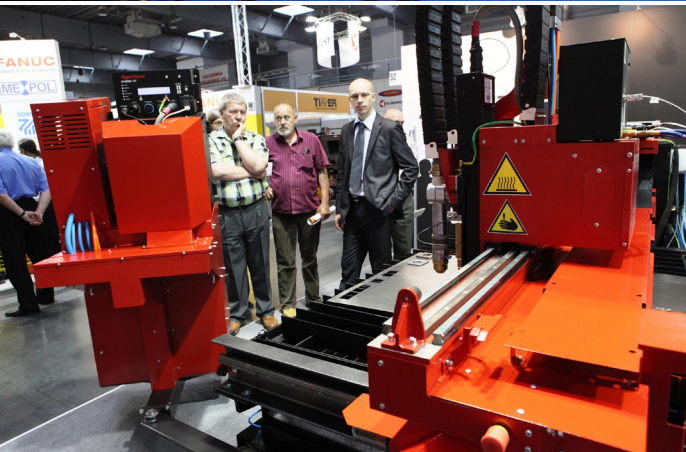
Po raz drugi odbędzie się Cax Innovation – wydarzenie, w ramach którego odbywają się prezentacje nowoczesnych technologii.

Tegorocznym debiutem będzie 3-dniowa konferencja „Niezawodność w utrzymaniu ruchu – strategie, metodologie, narzędzia”.

Tegoroczne targi ITM Polska to osiem salonów: Mach-Tool, Hape, Metalforum, Surfex, Welding, Transporta, Nauka dla Gospodarki oraz, odbywający się w systemie 2-letnim, Salon BHP. Po raz pierwszy targom ITM Polska będą towarzyszyły Targi Kooperacji Przemysłowej SUBCONTRACTING, gdzie zaprezentują się firmy, które świadczą usługi podwykonawcze w zakresie przetwórstwa metali, przetwórstwa drewna, elektroniki, elektrotechniki oraz usługi dla przemysłu.

Więcej informacji na [www.hape.mtp.pl](http://www.hape.mtp.pl)





# Optymalne zasilanie sprężonym powietrzem

## WYTWARZANIE SPRĘŻONEGO POWIETRZA BEZZAWARTOŚCI OLEJU PRZY MNIEJSZYM O 22,5% ZUŻYCIU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

System zasilania sprężonym powietrzem musi spełniać cztery wymogi i tylko wówczas można stwierdzić, że jest on „optymalny”. Sprężone powietrze musi być zawsze dostępne w odpowiedniej ilości, z uwzględnieniem ewentualnych nadmiarów, przy zachowaniu możliwie najlepszych parametrów ekonomicznych i pełnej niezawodności, a przy tym mieć jakość zgodną z wymogami obowiązującymi w danej branży lub dla danego sposobu wykorzystania. Niespełnienie chociażby jednego z kryteriów może szybko spowodować ogromne koszty, niewystarczającą jakość produkcji, a w ekstremalnym przypadku nawet długotrwałe przestoje w produkcji.

Z tego powodu jedno z przedsiębiorstw zajmujące się przetwórstwem mięsnym poprzez nową, a równocześnie nowoczesną instalację sprężonego powietrza chciało wykluczyć wszelkie możliwe ryzyka. Poprzez wdrożenie nowej koncepcji chciano nie tylko spełnić wymogi międzynarodowej klienteli w zakresie wytwarzania sprężonego powietrza w 100% wolnego od oleju, ale także zrealizować własne cele w zakresie produkcji sprężonego powietrza na możliwie najwyższym poziomie. Mimo wystarczającej mocy sprężarek – choć bez możliwości sterowania nadmiarami – i możliwości regulacji prędkości obrotowych w części z nich, brakowało optymalnego dopasowania do bardzo zmiennego zapotrzebowania.

## SYTUACJA WYJŚCIOWA

Do czerwca 2012 r. sprężone powietrze było wytwarzane przy pomocy sprężarek śrubowych z wtryskiem oleju, a następnie uzdatniane, co generowało dodatkowe koszty i stwarzało ryzyko. Przy użyciu nowej stacji obejmującej trzy różnej wielkości sprężarki śrubowe z regulowaną prędkością obrotową i chłodzeniem przez wtrysk wody z serii LENTO firmy ALMiG realizuje się obecnie nową wzorcową, a równocześnie przyszłościową koncepcję, przy czym od samego początku prognozuje się, że oszczędności energetyczne sięgną 22,5% w porównaniu ze starą stacją. Dodatkowe oszczędności będzie można uzyskać dzięki wstępnie przygotowanemu

systemowi odzysku ciepła, co będzie możliwe, jak tylko instalacje zakładowe zostaną przygotowane do odbioru tegoż ciepła.

Dla przedsiębiorstwa o bardzo dobrze zorganizowanej produkcji bezawaryjne zasilanie sprężonym powietrzem bez zawartości oleju jest niezbędne. Do początku czerwca 2012 r. było ono wytwarzane przy pomocy czterech starszych sprężarek śrubowych z wtryskiem oleju, których maksymalny łączny strumień objętości wynosił 24,6 m<sup>3</sup>/min (tabela 1), a następnie powietrze było poddawane filtracji. Należy jednak pamiętać, że system uzdatniania sprężonego powietrza pracuje w pełni prawidłowo tylko przy regularnej i prawidłowej konserwacji elementów do uzdatniania powietrza. Mimo to nie można wykluczyć nagłego uszkodzenia filtra. Taka sytuacja może spowodować przedostanie się sprężonego powietrza o zawartości oleju od 3 do 5 mg/m<sup>3</sup> do sieci, a następnie – po spadku ciśnienia w maszynach – do pomieszczeń roboczych, gdzie wszystkie urządzenia i elementy mające kontakt z artykułami spożywczymi mogą zostać pokryte cienką warstwą oleju. Co więcej pracownicy są wówczas narażeni na wdychanie składników oleju.

Sprężarka	Moc znamionowa silnika	Strumień objętości (maksymalny)	Strumień objętości (minimalny)	Uwagi
Urządzenie 1	22 kW	3,2 m <sup>3</sup> /min		stała prędkość obrotowa
Urządzenie 2	30 kW	4,7 m <sup>3</sup> /min		stała prędkość obrotowa
Urządzenie 3	50 kW	8,0 m <sup>3</sup> /min	1,5 m <sup>3</sup> /min	regulowana prędkość obrotowa
Urządzenie 4	55 kW	8,7 m <sup>3</sup> /min		stała prędkość obrotowa

Tabela 1 Sprężarki starej stacji

# Seminaria 2013

dla sektora produkcji i budownictwa



**Inteligentne instalacje**  
w budownictwie komercyjnym

16.04.2013 | Poznań



**Mechanika i utrzymanie**  
ruchu

18.04.2013 | Poznań



**Mechanika i utrzymanie**  
ruchu

21.05.2013 | Kraków



**Robotyzacja linii**  
produkcyjnych

23.05.2013 | Kraków



**Inteligentny budynek**  
zintegrowane systemy  
automatyki budynkowej

12.06.2013 | Warszawa



**Optymalizacja zużycia energii**  
w zakładach przemysłowych

13.06.2013 | Warszawa



**Nowoczesne technologie**  
na hali produkcyjnej

19.06.2013 | Warszawa



**Techniki lean**  
w nowoczesnej produkcji  
i łańcuchu dostaw

25.09.2013 | Warszawa



**Monitorowanie i diagnostyka**  
maszyn i urządzeń

26.09.2013 | Warszawa



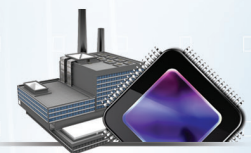
**Energooszczędne budynki**  
technologie zapewniające  
ograniczenie zużycia energii

8.10.2013 | Katowice



**Automatyzacja linii**  
produkcyjnych

9.10.2013 | Katowice



**IT dla nowoczesnej**  
produkcji

10.10.2013 | Katowice



**Efektywność energetyczna**  
w przemyśle

24.10.2013 | Rzeszów



**Wyposażenie wnętrz**  
inteligentnych budynków

13.11.2013 | Kraków



**Cloud computing**  
dla sektora produkcji

14.11.2013 | Kraków



**Mechanika i utrzymanie**  
ruchu

20.11.2013 | Warszawa



**Wstęp bezpłatny**

**Rejestracja online**

**Certyfikaty uczestnictwa**

**www.seminaria.tradedia.us**

Urządzenia składające się na starą stację miały już wiele lat, a ponadto pracowały na granicy swojej mocy, bez regulacji nadmiarów i mimo regulacji prędkości obrotowej nie było możliwości dostosowania ich pracy do zapotrzebowania na sprężone powietrze, w szczególności w okresach niskiego obciążenia zakładu. Znaczny hałas, jaki generowały, spowodował też, że konieczna była przebudowa pomieszczenia, w którym się znajdowały.

## NOWA KONCEPCJA WYTWARZANIA SPRĘŻONEGO POWIETRZA

Jedynym możliwym rozwiązaniem było opracowanie zupełnie nowej koncepcji wytwarzania sprężonego powietrza. Kilka zapytań przesłanych do znanych producentów nie przyniosło pożądanego rezultatu, z jednym wyjątkiem. Zakład zajmujący się przetwórstwem spożywczym – między innymi ze względów marketingowych – wymagał sprężonego powietrza bez zawartości oleju, które byłoby wytwarzane od razu bezolejowo. W nowej koncepcji ze względu na niezbędną filtrację powietrza wykluczono możliwość zastosowania sprężarek śrubowych z wtryskiem oleju oraz – ze względu na duże nakłady serwisowe i energetyczne – sprężarek pracujących na sucho. Przy wymaganej przez klienta wielkości urządzeń firma ALMiG zaoferowała optymalne rozwiązanie w postaci sprężarek śrubowych z regulacją prędkości obrotowej serii LENTO, które umożliwiają wytwarzanie sprężonego powietrza od razu bez zawartości oleju. Koncepcja sprężania z wtryskiem wody, bardzo dobre parametry ekonomiczne urządzeń oraz niski poziom hałasu od razu przekonały zleceniodawcę. Pozytywnie oceniono również wspólne planowanie oraz możliwość dostawy instalacji w stanie „pod klucz” z siedziby firmy ALMiG.

## SZCZEGÓŁOWY POMIAR ZAPOTRZEBOWANIA W RAMACH ANALIZY EBS

W celu określenia optymalnej wielkości nowej stacji sprężonego powietrza firma ALMiG w kwietniu 2011 r. przez siedem dni badała zapotrzebowanie na sprężone powietrze przy pomocy systemu EBS (system bilansowania energii). Wspomagany komputerowo system EBS w trzech krokach wyznacza drogę do najbardziej wydajnego energetycznie systemu wytwarzania sprężonego powietrza. Na etapie 1 (pomiar) gromadzone są wszystkie informacje dotyczące aktualnej sytuacji, jak np. ilości powietrza wytwarzanego jednorazowo i łącznie, obciążenia, ciśnienia roboczego itd. Na etapie 2 (analiza) zmierzone dane są analizowane przez program komputerowy, który dokładnie przedstawia aktualny koszt energii, wyliczając go także w skali całego roku. Dodatkowe tabele i wykresy zawierające liczne dane umożliwiają przeprowadzenie dokładnej analizy i optymalne doradztwo. Na etapie 3 (symulacja) system EBS przedstawia propozycje rozwiązań, oblicza oczekiwane koszty energii oraz potencjalny zakres oszczędności energii. Dzięki temu można z góry precyzyjnie obliczyć oczekiwany stosunek

kosztów do korzyści i wynikający z niego zwrot z inwestycji. W okresie dokonywania pomiaru stwierdzono następujące zakresy zapotrzebowania:

- podczas zmian roboczych, tj. od poniedziałku do piątku, zapotrzebowanie wahało się w granicach 17 do 22 m<sup>3</sup>/min,
- poza zmianami roboczymi i w dni wolne od pracy wynosiło jednak zaledwie 2 do 5 m<sup>3</sup>/min.

Generalnie dla starej stacji analiza EBS wykazała przedstawione w tabeli 2 ilości wytworzonego sprężonego powietrza, zużycie energii i koszty energii, które zostały także wyliczone dla całego roku (koszt energii przyjęty jako podstawa do obliczeń: 0,34 zł/kWh).



Fot. Woda do chłodzenia krążąca we wspólnym dla trzech sprężarek LENTO obiegu jest chłodzona w dwóch urządzeniach do schładzania umieszczonych na dachu hali

W ramach symulacji wykonanej w systemie EBS (etap 3) jako optymalne rozwiązanie została zaproponowana instalacja trzech sprężarek śrubowych serii LENTO firmy ALMiG z regulacją prędkości obrotowej i systemem chłodzenia przez wtrysk wody, o następujących parametrach:

- dwa urządzenia typu LENTO 110 (nominalna moc silnika 110 kW, strumień przepływu w obu przypadkach od 4,66 do 19,62 m<sup>3</sup>/min),
- jedno urządzenie typu LENTO 31 (nominalna moc silnika 30 kW, strumień przepływu od 1,97 do 4,75 m<sup>3</sup>/min).

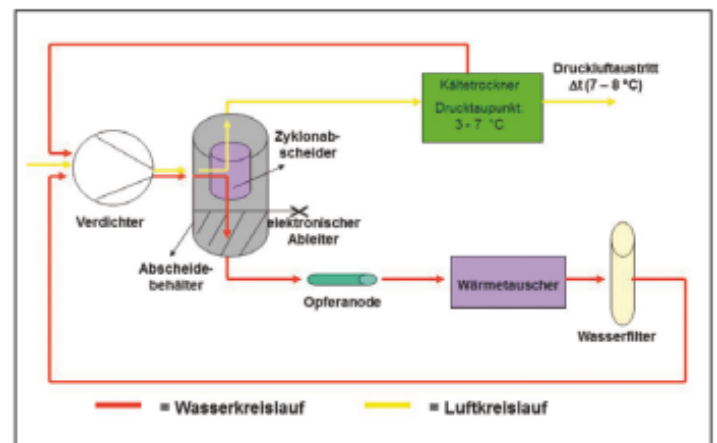
Powyższy system został zainstalowany w nowym zakładzie i uruchomiony na początku czerwca 2012 r. Stara stacja została odłączona od sieci. Trzy nowe sprężarki firmy ALMiG z regulacją prędkości obrotowej są sterowane przez wbudowane urządzenia Air Control 3 pod stałym ciśnieniem na poziomie ok. 7,5 bar w sieci przewodów, przy wahaniami ciśnień wynoszących jedynie ±0,1 bar, w zależności od zapotrzebowania i przy optymalnym wykorzystaniu energii zgodnie z następującą koncepcją:

- podczas pracy zakładu na dwie lub trzy zmiany od poniedziałku do piątku dwie duże sprężarki (nr 1 i nr 2) pracują równocześnie w średnim zakresie mocy, co jest bardzo korzystne ze względu

na zapotrzebowanie na energię. W przypadku awarii jednego urządzenia drugie z nich (o mocy 110 kW) samo pokrywa całe zapotrzebowanie (ewentualnie wraz ze sprężarką nr 3);

- w czasie pozaprodukcyjnym i w weekendy mała sprężarka nr 3 sama pokrywa całkowite zapotrzebowanie urządzeń, m.in. instalacji chłodniczej. W przypadku awarii tego urządzenia automatycznie uruchamia się sprężarka nr 1 lub nr 2.

Nawet podczas prac konserwacyjnych lub w razie awarii powyższe rozwiązanie gwarantuje stałe zasilanie układu poprzez załączenie instalacji nadmiarowej. W przypadku dalszej rozbudowy linii produkcyjnych na początku będzie można pokryć zwiększone zapotrzebowanie na sprężone powietrze z istniejącej rezerwy mocy. W razie konieczności zwiększenia mocy szeroka oferta produktów z serii LENTO bez wątpienia umożliwi optymalną rozbudowę. Na życzenie zleceniodawcy wszystkie trzy sprężarki wyposażono we wbudowany system odzyskiwania ciepła. Dzięki sterowaniu zintegrowanemu ze sprężarką użytkownik może zmieniać temperaturę cieczy chłodzącej i generować temperatury do 50°C w celu ogrzewania wody użytkowej.



Rys. Schemat działania pokazuje obieg powietrza i wody w sprężarce z serii LENTO

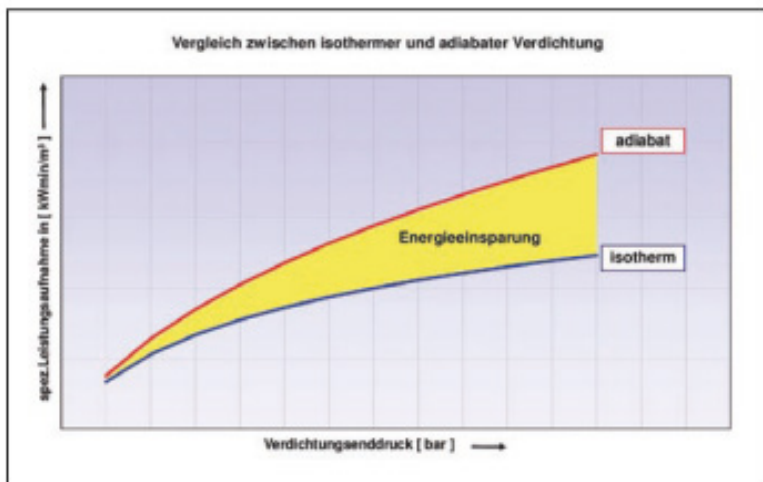
Kryterium	Termin pomiaru 12 do 18 kwietnia 2011 r.	Wyczenia dla całego roku (52 tygodnie)
Czas pracy stacji sprężonego powietrza w okresie prowadzenia pomiarów (praca przynajmniej 1 sprężarki)	164 rg	-
Łączna liczba godzin pracy (praca wszystkich sprężarek pod obciążeniem i na biegu jałowym)	305 rg	15 864 rg
Ilość sprężonego powietrza dostarczana przez wszystkie sprężarki	86 153 m <sup>3</sup>	447 9963
Zużycie energii przez wszystkie sprężarki (praca pod obciążeniem i na biegu jałowym)	11 793 kWh	613 212 kWh
Koszty energii dla wszystkich kompresorów	4 111 zł	213 767 zł

Tabela 2 Koszty energii w okresie prowadzenia pomiarów i w skali 1 roku

## OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ O 22,5%

Dla zaproponowanej tu konfiguracji urządzeń obejmującej trzy sprężarki z serii LENTO system EBS w rachunku rocznym określił zmianę liczby roboczogodzin, ilości wytwarzanego sprężonego powietrza, zużycia energii, a także kosztów energii, jak przedstawiono w tabeli 3. Dzięki prognozowanemu spadkowi zużycia energii o 22,5% spadną także koszty energii – również o 22,5%, a dokładnie o 47 242 zł – z 213 767 zł do jedynie 166 525 zł. Ponadto system EBS prognozuje bardzo niski udział przebiegów na biegu jałowym – na poziomie 1% dla 2 urządzeń 110 kW i 2% dla urządzenia 37 kW.

Firma ALMiG produkuje sprężarki śrubowe serii LENTO z chłodzeniem z wtryskiem wody w wersji z chłodzeniem powietrznym i wodnym, przeznaczone do zakresu ciśnienia 5 do 10 bar i 13 bar, jako urządzenia z regulacją prędkości obrotowej (mocy napędu: 15 do 110 kW, strumień objętości: 0,86 do 19,6 m<sup>3</sup>/min) i urządzenia o stałej prędkości obrotowej o mocy do 75 kW. Wszystkie urządzenia z serii LENTO zostały przebadane przez TÜV Rheinland pod kątem zgodności z normą ISO 8573-1, klasa 0. Uruchamiają się one energooszczędnie, bez skoków natężenia prądu i bez zmian cykli łączeniowych oraz drogich przebiegów na biegu jałowym; są dokładnie dopasowywane do danego zapotrzebowania na sprężone powietrze. Przy pomocy tych urządzeń można optymalizować istniejące stacje sprężonego powietrza dla instalacji o stałym, jak i zmiennym zapotrzebowaniu na sprężone powietrze. Dostępne w portfolio produktów firmy ALMiG sprężarki tłokowe o niższych mocach, a także bezolejowe sprężarki śrubowe typu DUPLEXX i bezolejowe turbosprężarki DYNAMIC o mocy nominalnej do 2500 kW sprawiają, że ALMiG gwarantuje pełne zaopatrzenie w urządzenia do bezolejowego wytwarzania sprężonego powietrza.



Rys. Na wykresie przedstawiono oszczędność energii w przypadku sprężania izotermicznego w porównaniu ze sprężaniem adiabatycznym

## SPRAWDZONA TECHNIKA LENTO

Wszystkie urządzenia z serii LENTO wykorzystują zamknięty i samowystarczalny system wtryskiwania wody, nie trzeba ich podłączać do sieci wodociągowej, konieczne jest tylko jednokrotne napełnienie systemu przy uruchamianiu urządzenia. Wtryskiwana woda – jak olej w sprężarkach śrubowych z wtryskiem oleju – uszczelnia szczeliny między wirnikami, jak i między wirnikami i ściankami danej komory sprężania, pełniąc równocześnie funkcję cieczy chłodzącej podczas procesu sprężania. Woda w porównaniu z olejem posiada dużo lepsze właściwości chłonięcia ciepła i dużo lepiej się rozpyla podczas wtryskiwania, co umożliwia utrzymywanie niskich temperatur końcowych sprężania nieprzekraczających 60°C. To sprawia, że proces sprężania posiada cechy sprężania izotermicznego. Z tego z kolei wynika wyższa sprawność danego etapu sprężania.

Separator umieszczony w urządzeniu oddziela sprężone powietrze i wodę. Wirniki wyprodukowane z bardzo twardej mieszanki tworzyw sztucznych i stali szlachetnej pracują na łożyskach wałeczkowych walcowych i łożyskach kulkowych skośnych w cylindrach do sprężania bardzo precyzyjnie wyprodukowanych z antykorozyjnych materiałów, co daje

maksymalną niezawodność. Mechaniczne uszczelnienia i dodatkowe przestrzenie pośrednie gwarantują pełną szczelność bezolejowej komory sprężania. We wbudowanym osuszaczu ziębniczym nasycone w 100% sprężone powietrze jest schładzane przy punkcie rosy wynoszącym od +3°C do +7°C, dzięki czemu w przypadku wielu zastosowań nie jest potrzebny dodatkowy osuszacz zewnętrzny. Zebrane skropliny są odprowadzane z powrotem do wewnętrznego obiegu wody. Elektroniczny system odprowadzania skroplin oddziela skropliny i – jako że nie zawierają one oleju – oprowadza je bezpośrednio do kanalizacji. Poprzez stałe doprowadzanie czystego kondensatu do obiegu, jakość wody jest utrzymywana na stałym, wysokim poziomie, a jej zanieczyszczenie jest wyraźnie niższe niż przy pierwszym napełnianiu systemu wodą z kranu o jakości wody pitnej. Filtr wody wychwytuje wszelkie zanieczyszczenia dostające się do systemu wraz z zasysanym powietrzem. Wyraźne zmniejszenie ilości cząstek organicznych i nieorganicznych w stosunku do ich ilości w zasysanym powietrzu zostało kilkakrotnie jednoznacznie potwierdzone przez niezależne instytucje.

Wszystkie trzy nowo zainstalowane sprężarki LENTO zostały wyposażone we wbudowane sterowanie Air Control 3 firmy ALMiG. Sterowanie steruje urządzeniami przy wysokiej wydajności energetycznej i tolerancji zmiany ciśnień wynoszącej jedynie 0,1 bar, archiwizując wszystkie ważne dane eksploatacyjne. Jest ono wyposażone w ergonomiczny panel obsługi obejmujący duży wyświetlacz LCD oraz wyświetlacz tekstowy, na którym pojawiają się wszystkie najważniejsze parametry.

Sterowanie umożliwia samoczynne testowanie, stały nadzór, wyświetla ostrzeżenia, daje też możliwość programowania czasowego, w opcji posiada funkcję zarządzania akcesoriami i zmiennego załączania obciążenia podstawowego. Po zamontowaniu u użytkownika w przyszłości głównego panelu sterowania system Air Control 3 zostanie zastąpiony przez nadrzędne sterowanie firmy ALMiG, które przejmie kierowanie stacją i będzie analizować wszystkie sygnały dochodzące ze stacji. W opcji możliwe byłoby wówczas zdalne przekazywanie tych sygnałów, na życzenie klienta np. do firmy ALMiG.

Kryterium	Stara stacja	Nowa stacja	Zmiana
Roboczogodziny [rg]	15 864	10 535	-33,6 %
Strumień objętości [m <sup>3</sup> /min]	4 479 963	4 390 834	-2 %
Zużycie energii [kWh]	613 212	477 683	-22,5 %
Koszty energii [zł]	213 767	166 525	-22,5 %

Tabela 3 Prognozowane oszczędności na energii





**Fot.** Nowa stacja sprężonego powietrza – na pierwszym planie urządzenie o mocy 31 kW, za nim dwie instalacje o mocy 110 kW każda

Mimo, że sprężarki LENTO zostały wyposażone we wbudowany osuszacz ziębiczny (punkt rosy w zakresie 3 do 7°C), sprężone powietrze jest osuszane w dodatkowym zewnętrznym osuszaczu ziębicznym typu ALM 1850 firmy ALMiG, dla którego strumień przepływu wynosi 28,33 m<sup>3</sup>/min, natomiast punkt rosy 2 do 3°C. Ten dodatkowy osuszacz ma na celu zapobiec skraplaniu się pary wodnej ze sprężonego powietrza w halach produkcyjnych, w których – dla ochrony przetwarzanych produktów spożywczych – utrzymuje się niską temperaturę. Przed wprowadzeniem do sieci sprężone powietrze poddaje się oczyszczaniu z wszelkich pozostałych cząstek w mikrofiltrze (maksymalna wielkość cząstki: 1 µm, stopień filtracji: 99,985%) oraz submikrofiltrze (maksymalna wielkość cząstki: 0,01 µm, stopień filtracji: 99,99999%).

Zarówno zewnętrzny osuszacz ziębiczny, jak i filtry zainstalowane są przy pomocy przewodów obejściowych. Dwa zbiorniki sprężonego powietrza oraz sieć rurociągów umożliwiają zmagazynowanie łącznie 3 m<sup>3</sup> sprężonego powietrza, co dzięki pracy sprężarek LENTO stosownie do aktualnego zapotrzebowania w zupełności wystarcza. Wszystkie trzy sprężarki LENTO są chłodzone wodą i posiadają własny zamknięty obieg cieczy chłodzącej. Nagrzana ciecz chłodząca jest schładzana w dwóch dostarczonych również przez firmę ALMiG i zainstalowanych na dachu hali urządzeniach do schładzania.

W celu zapewnienia niskiego poziomu hałasu urządzenia do schładzania cieczy chłodzącej pracują równolegle, co oznacza, że wentylatory regulowane częstotliwościowo i załączane w zależności od temperatury mogą pracować ze zredukowaną do połowy prędkością obrotową. Cała stacja wraz z orurowaniem i urządzeniami do schładzania cieczy chłodzącej, została wzorcowo zbudowana przez firmę ALMiG.

## WNIOSKI

Dzięki niniejszej stacji użytkownik został wyposażony w doskonały i nowoczesny system, który umożliwia wytwarzanie sprężonego powietrza od razu bez zawartości oleju. Dzięki temu użytkownik systemu może spełniać rosnące oczekiwania swoich wymagających klientów. Nowa koncepcja pozwala nie tylko wyeliminować wszelkie dodatkowe koszty i ryzyko związane z uzdatnianiem sprężonego powietrza, lecz także umożliwia produkcję sprężonego powietrza przy zachowaniu najwyższej niezawodności oraz obniżeniu kosztów eksploatacji z uwagi na mniejsze o 22,5% zużycie energii elektrycznej. Taka jest przynajmniej prognoza wynikająca z przeprowadzonej przez firmę ALMiG analizy EBS. W rzeczywistości wartości te będą jeszcze korzystniejsze.

**G. Gammelin - kierownik obszaru sprzedaży  
ALMiG Kompressoren**

# Zastosowanie pneumatyki w budownictwie - Klapy Dymowe

Obecnie w budownictwie zastosowanie znajdują dwa podstawowe systemy napędowe klap dymowych: systemy pneumatyczne oraz elektryczne. Główne różnice dotyczą budowy samego systemu oraz źródła zasilania powodującego otwarcie się klap.

W problematyce systemów napędowych klap dymowych forsuje się pogląd, że pneumatyka jest przestarzała, a sam system prymitywny, nie nadążający za wymaganiami estetycznymi i funkcjonalnymi oraz wygodą użytkownika. Zarzuty te są tendencyjne i dają podstawy do podejrzeń o niezajomości tematu osobie wysnuwającej je. Systemy pneumatyczne nie są prymitywne tylko proste. Prostota budowy i przewidywalność systemu są jego niezaprzeczalnym atutem. Im prostsze sterowanie, tym prawdopodobieństwo wystąpienia awarii jest mniejsze, a niezawodność i żywotność w systemach sterowania klapami dymowymi wydaje się być sprawą priorytetową.

W elektrycznych systemach sterowania klapami dymowymi źródłem zasilania jest prąd elektryczny, który doprowadzony jest do każdego obiektu, a jego rozproszanie jest sprawą wtórną. Z tym że napęd do oddymiania to napięcie 24V o zasilaniu gwarantowanym. Wiąże się to z koniecznością montażu specjalnych central wyposażonych w akumulatory odpowiedzialne za podtrzymanie napięcia w przypadku jego zaniku. Dostawcy tego rodzaju rozwiązań sprzedają takie wyposażenie i zazwyczaj dopiero wtedy do klienta dociera informacja, że akumulatory co pewien czas należy sprawdzać, doładowywać i wymieniać. Od źródła do odbiornika trzeba przesać energię, co wiąże się z koniecznością budowy instalacji elektrycznej, w której trzeba zwrócić uwagę na ilość żył, przekroje przewodów, izolacyjność itp.

Natomiast w pneumatycznych systemach źródłem zasilania jest sprężony dwutlenek węgla zmagazynowany w specjalnie przystosowanych nabojach. Na rynku istnieje kilka rodzajów naboji oraz typów w zależności od wielkości otwieranej strefy. Niezaprzeczalną zaletą naboji stosowanych w klapach firmy Rewa

jest możliwość ponownego ich napełnienia, dzięki czemu można znacznie ograniczyć koszty późniejszej eksploatacji systemu oraz obowiązkowych okresowych przeglądów serwisowych.

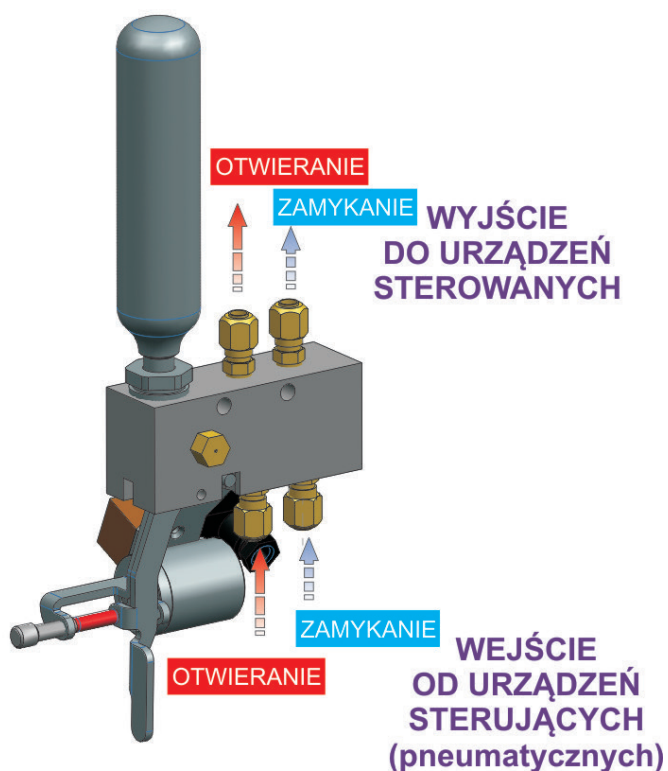
Instalacje wykonuje się najczęściej z rurek miedzianych. Do łączenia wykorzystywane są złączki zaciskowe. Instalacja może być mocowana do elementów konstrukcyjnych budynku, co eliminuje konieczność wprowadzania dodatkowych koryt instalacyjnych.

Podobnie jak przy wykorzystaniu elektrycznych systemów napędowych, pneumatyczne systemy sterowane są przy pomocy przycisków. Również stosowanie automatyki pogodowej w pneumatycznych systemach sterowania jest analogiczne, jak w systemach elektrycznych. W pneumatycznych systemach sterowania do integracji automatyki pogodowej z systemem sterowania wykorzystuje się dodatkowe centrale wyposażone w elektrozawory.





W bezpośrednim porównaniu parametrów siłowników elektrycznych i pneumatycznych, napęd pneumatyczny charakteryzuje się wyższymi parametrami pracy. Większa siła pchania i ciągnięcia tłoczyska siłownika pneumatycznego oraz krótszy czas cyklu pracy (wysuwa tłoczyska) są parametrami bardzo istotnymi, zwłaszcza w klapach o większych gabarytach.



W obiektach, w których istnieje, bądź planowana jest instalacja sprężonego powietrza, wart rozpatrzenia, przed podjęciem decyzji o wyborze systemu, jest fakt, że sprężone powietrze można wykorzystać jako źródło zasilania klap do wentylacji. W przypadku braku instalacji sprężonego powietrza pneumatyczne systemy oddymiające można rozbudować o funkcję wentylacji stosując dodatkowe siłowniki elektryczne. Kłapy dymowe z dodatkową funkcją wentylacji grawitacyjnej doskonale podnoszą komfort użytkownika hali przy stosunkowo nieznacznym wzroście kosztów.

Grzegorz Sitarz  
Rewa Sp. z o.o.

# Charakterystyki trójnika pneumatycznego jako elementu przekazującego energię

Prof. Dr hab. Inż. Stanisław Gumuła

Mgr. Inż. Przemysław Łągiewka

Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie

## Streszczenie:

Procesy rozptywu i rozpraszania energii w układach mechanicznych mają ogromne znaczenie praktyczne. Wykorzystywane są w urządzeniach do tłumienia drgań, zabezpieczania obiektów przed skutkami zderzeń, zabezpieczania obiektów przed skutkami uderzeń hydraulicznych i in.

Przedstawiana praca zawiera wyniki badań rozptywu energii w trójniku pneumatycznym. Trójnik złożony był z trzech cylindrów o jednakowej średnicy. Energia była przekazywana do trójnika i odbierana z trójnika za pośrednictwem tłoków przesuujących się w cylindrach trójnika. Energia dostarczana była do trójnika za pośrednictwem siły działającej na jeden z tłoków i przekazywana była za pośrednictwem gazu wypełniającego trójnik do dwóch pozostałych znajdujących się w trójniku tłoków. Siła przekazująca do trójnika energię przykładana była do trójnika w sposób skokowy. Energia przejęta przez dwa tłoki odbierające energię przekazywana była za ich pośrednictwem do swobodnych mas stykających się z tłokami przed przejściem przez tłoki energii. Miarą przejętej energii była wielkość energii kinetycznej uzyskanej przez masę od tłoka, z którym się stykała. Określono rozptyw energii pomiędzy dwa tłoki przejmujące energię w zależności od wielkości energii dopływającej do trójnika, wielkości mas przejmujących energię oraz wzajemnej proporcji mas przejmujących energię. Przedstawione wyniki badań mogą być wykorzystane m. in. Do budowy zderzaków, w których część energii podczas zderzeń dwóch obiektów będzie przekazywana za pośrednictwem trójnika do obiektu trzeciego o odpowiednio dobranej masie.

## 1. WSTĘP

Znajomość procesów związanych z przepływem energii w układach fizycznych ma ogromne znaczenie praktyczne. Kierowanie rozptywem energii ma zastosowanie w prawie wszystkich urządzeniach technicznych.

W ostatnich latach zrodziła się koncepcja zabezpieczania obiektów fizycznych przed skutkami zderzeń polegająca na przekazaniu energii kinetycznej zderzającego się obiektu do specjalnie w tym celu skonstruowanego urządzenia [1,2,3]. Rozwój tej metody wymaga szerokich badań nad możliwościami kierowania rozptywem energii w złożonych układach mechanicznych.

W przedstawionej pracy zawarte są wyniki badań rozptywu energii w tłokowym trójniku pneumatycznym dokonywanym za pośrednictwem tłoków znajdujących się w każdym przewodzie trójnika. Energia dopływała do jednego z tłoków znajdujących się w trójniku i przekazywana była poprzez gaz do dwóch pozostałych tłoków znajdujących się w trójniku. Energię od tłoków przejmowały z kolei dwie masy, które przed przejściem energii od tłoków stykały się z tymi tłokami. Masy posiadały ułożyskowane koła oraz prowadnice i pod wpływem przejętej energii mogły się przesuwać wzdłuż osi tłoka, od którego odebrały energię.

W następstwie przeprowadzonych badań określono wpływ wielkości energii przekazywanej do trójnika oraz wpływ wielkości mas przejmujących energię na podział energii pomiędzy te masy.

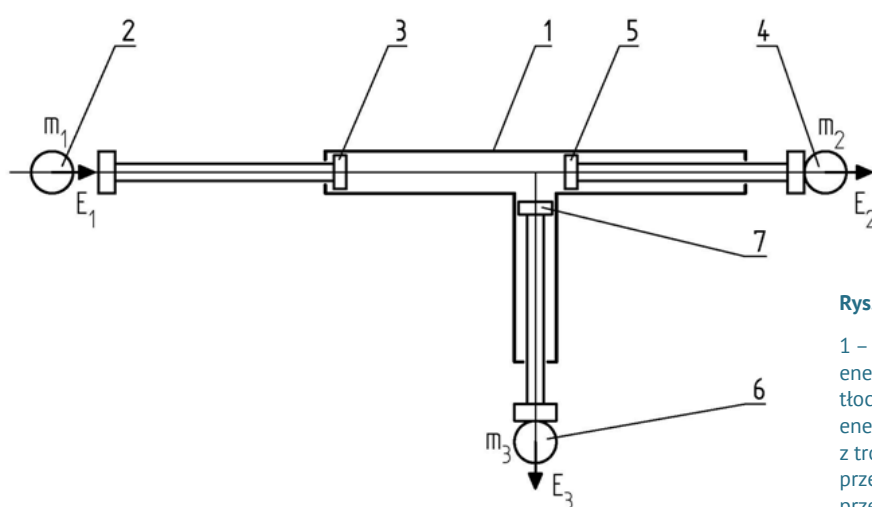
## 2. OBIEKT BADAŃ. METODA BADAŃ.

Obiektem badań był trójnik pneumatyczny złożony z trzech połączonych cylindrów o jednakowej średnicy wynoszącej 50 mm. W cylindrach mogły się swobodnie przesuwać tłoki połączone z tłoczkami wychodzącymi poza cylindry. Trójnik wraz z tłokami pokazany jest schematycznie na rysunku 1 oraz uwidoczniony na fotografii 1. Energia przekazywana była do trójnika udarowo. Było to realizowane poprzez uderzenie w tłoczek tłoka – 3 masy  $m_1$  o określonej energii kinetycznej  $E_1$ . Tłok 3 posiadał blokadę ruchu powrotnego. Energia  $E_1$  za pośrednictwem trójnika przekazywana była na tłoki 5 oraz 6 przejmujące energię. Przejętą energię tłoki przekazywały masom  $m_2$  oraz  $m_3$ . Mierzono energię  $E_2$  oraz  $E_3$  czyli energię przekazywaną masom  $m_2$  oraz  $m_3$ . Doprowadzona do trójnika energia przybierała wartości 5, 10 i 15 J. Masy  $m_2$  i  $m_3$  przybierały wartości od 2 do 10 kg.

### 3. WYNIKI BADAŃ.

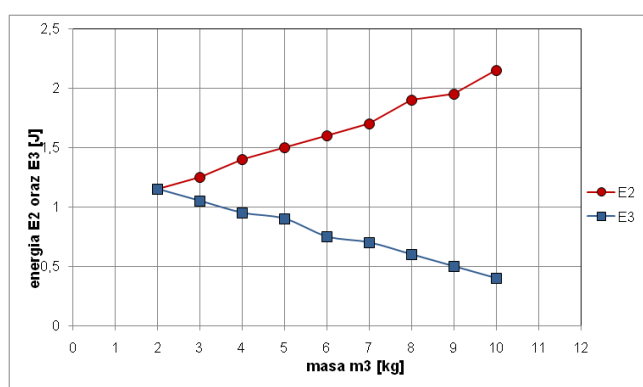
Wyniki badań przedstawione zostały w postaci wykresów. Wykresy na rysunkach od 2 do 10 przedstawiają rozptyły w trójniku doprowadzanej do niego energii –  $E_1$ . Energia  $E_1$  rozptywała się na dwa strumienie energii  $E_2$  oraz  $E_3$  przyjmowane przez masy, odpowiednio  $m_2$  oraz  $m_3$ . Z wykresów przedstawiających wyniki badań można odczytać jak przy określonej wartości energii  $E_1$  zmiana proporcji pomiędzy masami odbierającymi energię wpływa na podział energii pomiędzy te masy.

Wartości liczbowe parametrów stałych, przy których uzyskano wyniki przedstawione na poszczególnych rysunkach poddane zostały w podpisach do tych rysunków.

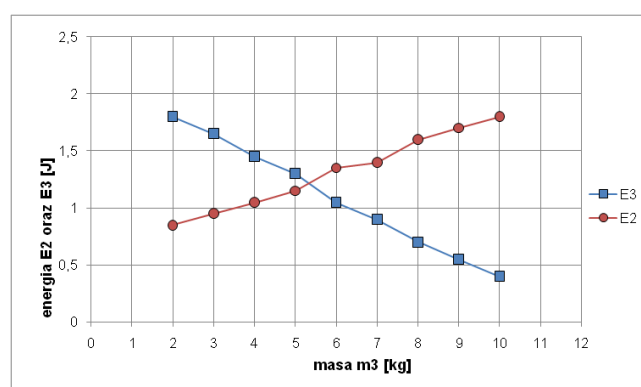


**Rys. 1.** Schemat stanowiska badawczego.

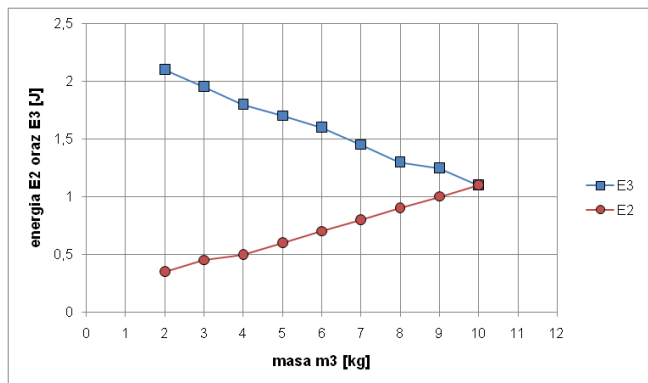
1 – trójnik, 2 – masa  $m_1$  przekazująca do trójnika energię, 3 – tłok przekazujący za pośrednictwem tłoczyska energię do trójnika, 4 – masa  $m_2$  przejmująca energię z trójnika, 5 – tłoczysko i tłok przekazujący z trójnika energię do masy  $m_2$ , 6 – masa  $m_3$  przejmująca z trójnika energię, 7 – tłok i tłoczysko przekazujące z trójnika energię do masy  $m_3$



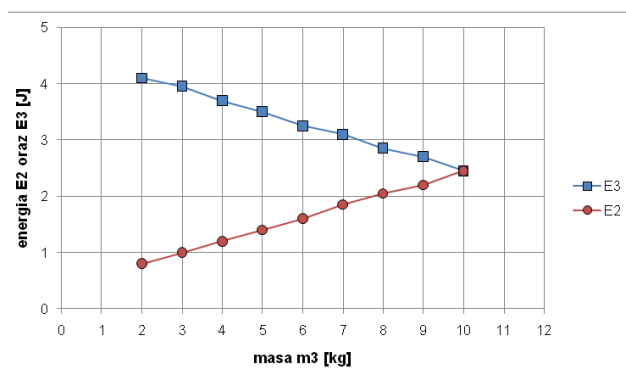
**Rys. 2.** Rozptył energii doprowadzonej do trójnika –  $E_1$  w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 5\text{J}$ ,  $m_2 = 2\text{ kg}$ .



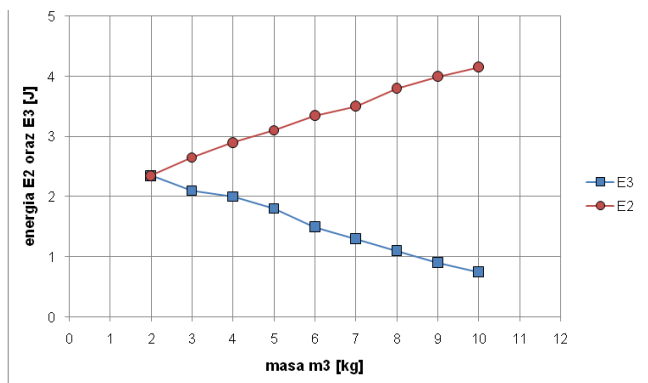
**Rys. 3.** Rozptył energii doprowadzonej do trójnika –  $E_1$  w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 5\text{J}$ ,  $m_2 = 5\text{ kg}$ .



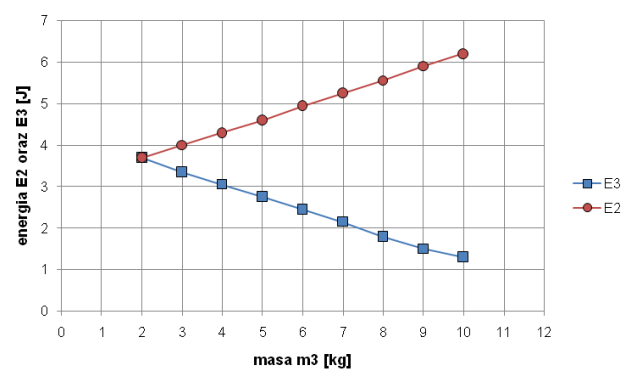
Rys. 4. Rozpływ energii doprowadzonej do trójkąta – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 5J$ ,  $m_2 = 10$  kg.



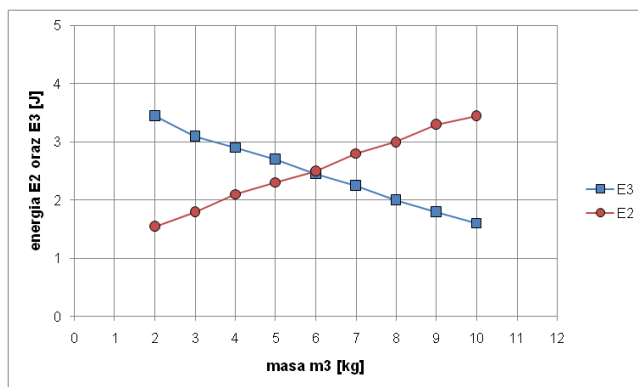
Rys. 7. Rozpływ energii doprowadzonej do trójkąta – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 10J$ ,  $m_2 = 10$  kg.



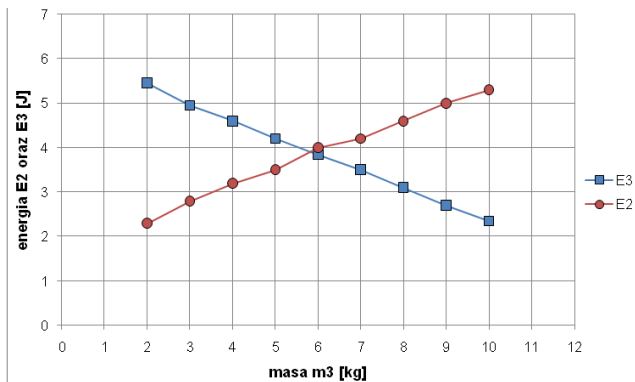
Rys. 5. Rozpływ energii doprowadzonej do trójkąta – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 10J$ ,  $m_2 = 2$  kg.



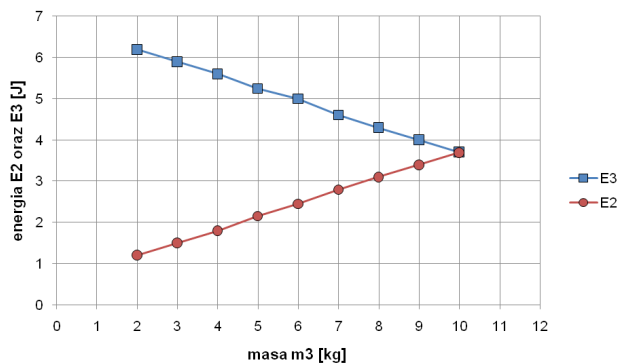
Rys. 8. Rozpływ energii doprowadzonej do trójkąta – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 15J$ ,  $m_2 = 2$  kg.



Rys. 6. Rozpływ energii doprowadzonej do trójkąta – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 10J$ ,  $m_2 = 5$  kg.



Rys. 9. Rozptył energii doprowadzonej do trójnika – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 15\text{ J}$ ,  $m_2 = 5\text{ kg}$ .



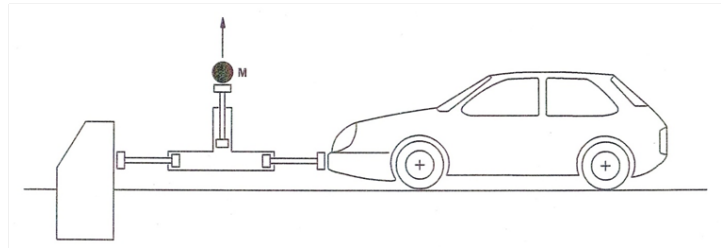
Rys. 10. Rozptył energii doprowadzonej do trójnika – E1 w zależności od masy  $m_3$  przy ustalonej wartości masy  $m_2$ .  $E_1 = 15\text{ J}$ ,  $m_2 = 10\text{ kg}$ .

#### 4. PODSUMOWANIE

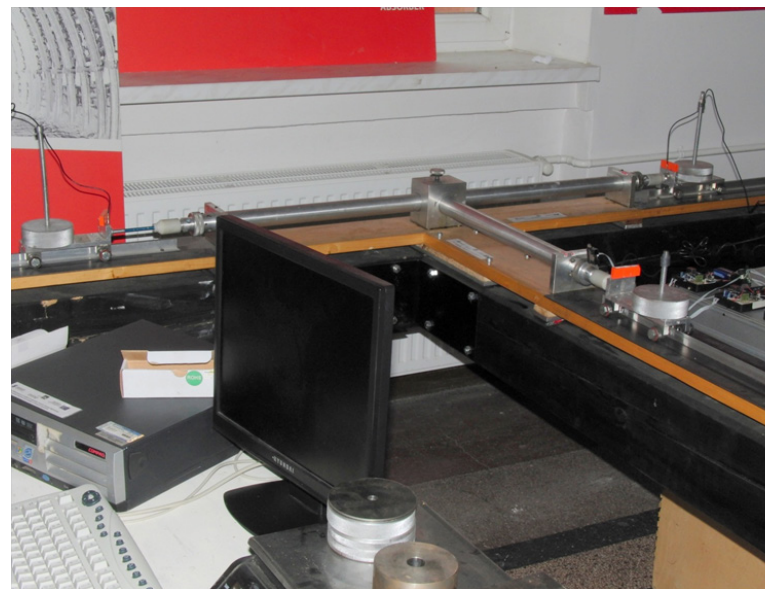
Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wielkość energii przejmowanych przez dwie masy za pośrednictwem trójnika pneumatycznego jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości tych mas.

Sprawność przekazywania energii przez tłokowy trójnik pneumatyczny, to znaczy stosunek sumy energii, które wypłynęły z trójnika do energii, która dopłynęła do trójnika, wynosi ok 0,5. Oznacza to, że znaczna część energii dopływającej do trójnika została zamieniona na pracę termodynamiczną gazu wypełniającego trójnik oraz rozproszona na skutek tarcia i odkształceń sprężystych.

Przedstawione wyniki badań wykazują, że trójniki pneumatyczne można wykorzystać jako urządzenia zabezpieczające obiekty przed skutkami zderzeń według schematu pokazanego na rysunku 11. Jeżeli obiektem przekazującym energię do trójnika będzie np. samochód zderzający się za pośrednictwem trójnika pneumatycznego z obiektem nieruchomym stanowiącym jedną całość z ziemią czyli posiadającym masę, którą można przyjąć jako nieskończenie dużą, to stykająca się z trójnikiem masa  $M$  przejmie całą energię przekazywaną za pośrednictwem trójnika. Nie będzie to cała energia posiadana przez obiekt uderzający przed zderzeniem ale znaczna jej część. Trójnik może być połączony z samochodem stanowiąc przejmujący energię zderzak lub może być połączony z przeszkodą stanowiąc przejmującą energię barierą drogową.



Rys. 11. Koncepcja przejmowania przez trójnik pneumatyczny energii kinetycznej obiektów podczas zderzeń. Pochłaniająca energię bariera drogową lub pochłaniający energię zderzak samochodowy.



Fot. 1. Widok stanowiska do badania rozptyłu energii w trójniku pneumatycznym (widoczny trójnik, regulowane masy na wózkach, czujniki do pomiaru prędkości)

#### LITERATURA

1. S. Gumuła, L. Łągiewka: „O możliwości kształtowania związku między siłami a przyspieszeniami w układach mechanicznych i przydatności tego spostrzeżenia w technice”, Przegląd Komunikacyjny, Nr 7/8, 2004r.
2. S. Gumuła, L. Łągiewka: „Zmniejszanie siły zderzeń”, Przegląd Techniczny, Nr 2, 2005r.
3. S. Gumuła, L. Łągiewka: „A method of impact and inertia force reduction during collisions between physical objects. Results of experimental investigations”, Journal of Technical Physics, No. 1, 2007r.

# System pneumatyczny linii technologicznej do wytwarzania kart wielowarstwowych

Tomasz SAMBORSKI \*, Andrzej ZBROWSKI \*

tomasz.samborski@itee.radom.pl, andrzej.zbrowski@itee.radom.pl

\* Instytut Technologii Eksploatacji - Państwowy Instytut Badawczy, ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom

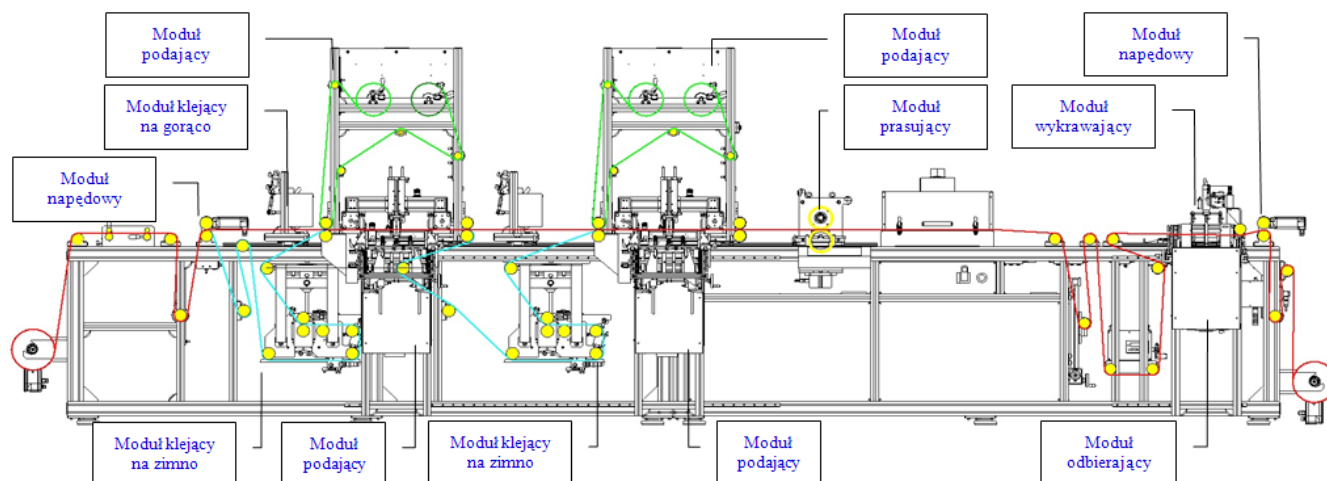
**Streszczenie:** W artykule przedstawiono budowę systemu pneumatycznego wykorzystanego w procesie wytwarzania dokumentów wielowarstwowych w ramach opracowanej linii technologicznej. Elementy wykonawcze systemu realizują wszystkie funkcje obejmujące właściwe podawanie i montaż półwyrobów związane z opracowaną technologią. System sterowania linii, wykorzystujący nadrzędny sterownik PLC, umożliwia bezpośrednią komunikację z poszczególnymi elementami wykonawczymi lub całymi modułami sterowanymi z poziomu sterowników lokalnych wysp zaworowych. Zastosowane rozwiązania sprzętowe i programowe pozwalają na realizację prac badawczo-rozwojowych zmierzających do poprawy poziomu zabezpieczeń dokumentów zawierających identyfikatory RFID. Struktura systemu pozwala na wytwarzanie niskonakładowych partii wyrobów z wykorzystaniem opracowanych innowacyjnych technologii łączenia poszczególnych warstw z użyciem różnych materiałów.

## 1. WPROWADZENIE

Prowadzenie prac badawczo-rozwojowych zmierzających do poprawy poziomu zabezpieczeń wielowarstwowych dokumentów, w tym zawierających identyfikatory RFID, związane jest z koniecznością posiadania wystarczającej ilości materiału badawczego poddawanego wymaganym testom (Kozioł i inni, 2010). W przypadku dokumentów wielowarstwowych, w celu otrzymania wyrobów o powtarzalnych właściwościach, niezbędne jest korzystanie z elastycznych linii technologicznych realizujących wymagane procesy związane z łączeniem poszczególnych komponentów. Dostępne na rynku urządzenia ukierunkowane są na wielkoseryjną produkcję z reguły z zastosowaniem jednej technologii łączenia z wykorzystaniem materiałów o ściśle zdefiniowanych właściwościach. Chęć wprowadzenia różnych technologii łączenia (kleje dyspersyjne, termotopliwe, błony klejowe) z użyciem zróżnicowanych materiałów (papier, folia) wymaga zastosowania elastycznych, niskonakładowych systemów wytwórczych.

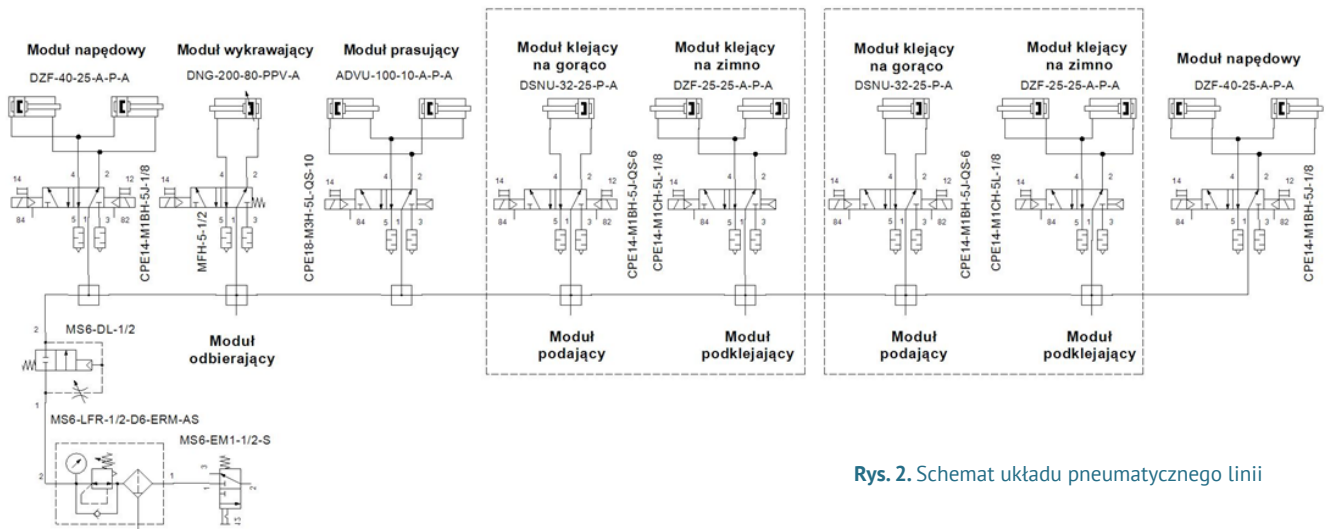
## 2. KONCEPCJA LINII TECHNOLOGICZNEJ

W Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu od kilku lat prowadzone są prace badawcze związane z podniesieniem poziomu bezpieczeństwa technicznego związanego z wytwarzaniem i eksploatacją wielowarstwowych dokumentów z zabezpieczeniem elektronicznym. W wyniku realizowanych prac powstała koncepcja budowy linii technologicznej (Rys. 1) pozwalającej na wytwarzanie krótkich serii wielowarstwowych dokumentów z wykorzystaniem innowacyjnych materiałów i technologii łączenia.



Rys. 1. Struktura linii technologicznej z zaznaczeniem modułów wchodzących w skład systemu pneumatycznego





Rys. 2. Schemat układu pneumatycznego linii

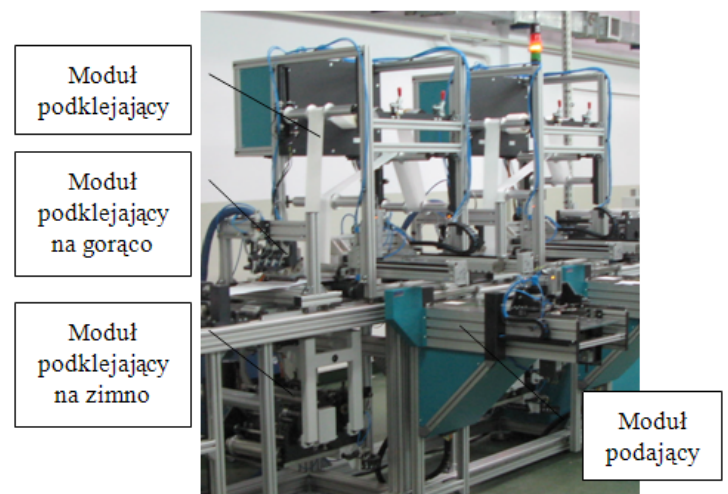
W myśl przyjętych założeń (Samborski i inni, 2010) materiałami wejściowymi do produkcji dokumentów są: wstęga papieru (folii) o szerokości do 350 mm odwijana z rolki o średnicy do 500 mm oraz arkusze papieru (folii) o wymiarach od 50x75 mm do 210x297 mm i grubości do 0,5 mm. Konsekwencją zastosowania w produkcji półwyrobów w formie pojedynczych arkuszy była konieczność opracowania linii charakteryzującej się pracą taktową typu start – stop. W odróżnieniu od wysokowydajnych maszyn rotacyjnych konieczne było również wprowadzenie układów manipulacyjnych odpowiedzialnych za umieszczanie i właściwe pozycjonowanie poszczególnych arkuszy na wstędze papieru. Również możliwość wykorzystania zamiennie trzech typów klejów (dyspersyjne, termotopliwe, błony klejowe) wymagała zastosowania niezbędnych mechanizmów związanych z ich aplikacją. Produktem końcowym są pojedyncze wielowarstwowe dokumenty wykrojone z wstęgi nośnej gromadzone w formie stosu przeznaczone do dalszego przetwarzania (personalizacja elektroniczna i graficzna).

### 3. SYSTEM PNEUMATYCZNY LINII

W zależności od stopnia złożoności ruchów oraz precyzji ich wykonywania do manipulacji i pozycjonowania w różnego rodzaju ciągach technologicznych stosowane są układy mechaniczne, elektryczne, pneumatyczne lub ich kombinacja. Układy mechaniczne zapewniają realizację powtarzalnych ruchów natomiast układy elektryczne i pneumatyczne (Beater, 2007) pozwalają dodatkowo na kształtowanie parametrów związanych z realizowanym ruchem (prędkość, położenie, siła). Zmiana parametrów może odbywać się zarówno na etapie uruchamiania ciągu technologicznego jak i w warunkach realizowanej elastycznej technologii (Medvedev, Ugorowa, 2012).

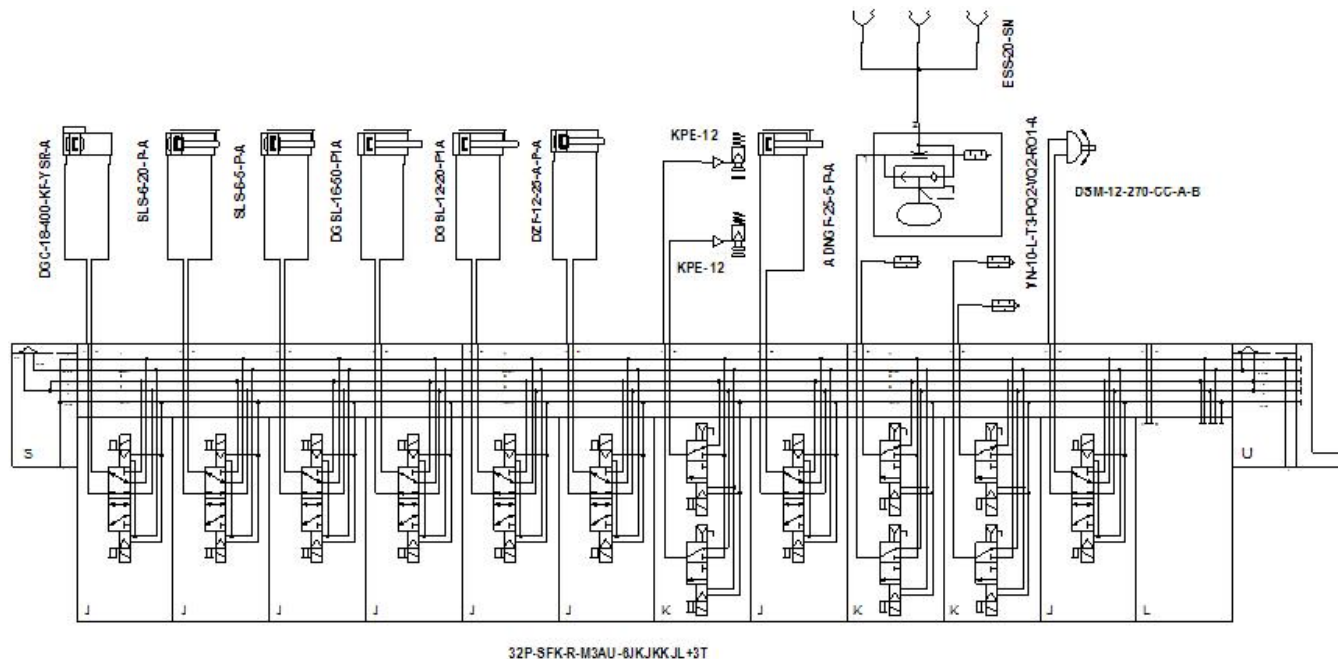
Podczas opracowywania konstrukcji linii przyjęto koncepcję wykorzystania pneumatycznych układów wykonawczych do realizacji wymaganych przez technologię ruchów mechanizmów funkcjonalnych. Opracowany system pneumatyczny (Rys. 2) charakteryzuje się modułową strukturą wynikającą przede wszystkim z realizowanych funkcji.

Linia technologiczna, w trakcie jednego przebiegu, umożliwia wytworzenie wyrobu składającego się z maksymalnie trzech warstw: warstwy nośnej i dwóch naklejanych arkuszy. Proces montażu poszczególnych arkuszy przebiega w dwóch bliźniaczych gniazdach (Rys. 3) skupiających po trzy moduły funkcjonalne związane z realizowaną technologią klejenia oraz moduł podający arkusze.



Rys. 3. Widok fragmentu linii z gniazdem montażu arkuszy

Przeznaczone do montażu arkusze dostarczane są przez moduły podające (Samborski i inni, 2012) stanowiące autonomiczne urządzenia pracujące pod kontrolą lokalnych sterowników PLC będących integralną częścią wysp zaworowych (Rys. 4).



Rys. 4. Schemat układu pneumatycznego modułu podającego

Moduły podające zostały wyposażone w dwa alternatywne systemy przenoszenia przyklejanych arkuszy. W pierwszym systemie zastosowano po trzy odłączane przyssawki połączone z generatorem podciśnienia zasilanym poprzez precyzyjny

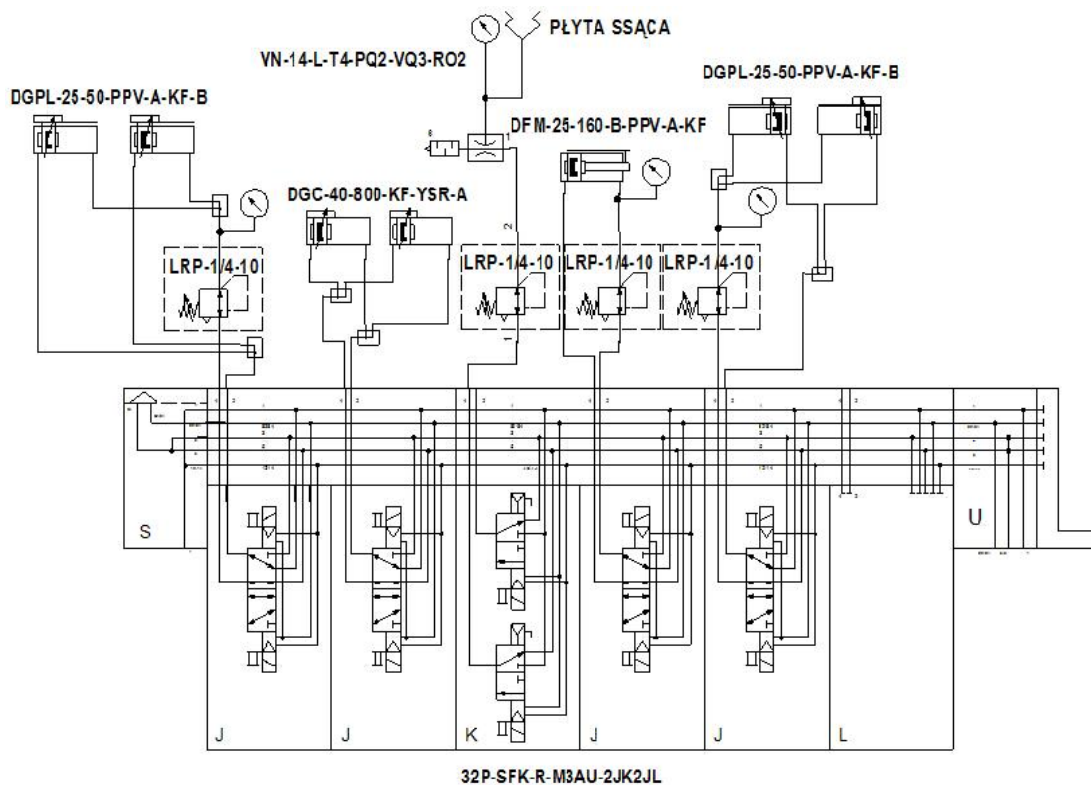
regulator ciśnienia. Drugi system obejmuje chwytak Bernoulliego z precyzyjnym regulatorem ciśnienia.

Pod względem funkcjonalnym moduł podklejający (Rys. 5) pełni dwie funkcje.

Pierwsza związana jest z realizacją klejenia w technologii błony klejowej przenoszonej za pomocą taśmy transferowej. Druga funkcja, wspólna dla wszystkich technologii klejenia, dotyczy montażu na wstędze papieru poszczególnych arkuszy. Właściwe zorientowane arkusze pobrane są z modułów podających z wykorzystaniem dwuosioowego manipulatora pneumatycznego wyposażonego w wymienną płytę ssącą. Po osiągnięciu zadanej pozycji montażu arkusz dociskany jest z regulowaną siłą do wstęgi pokrytej warstwą kleju. W tym przypadku przestanką do zastosowania w module wyspy zaworowej był fakt uzyskania zwartej struktury połączeń pneumatycznych i elektrycznych zgromadzonych w bliskim sąsiedztwie kilku napędów (Rys. 6).

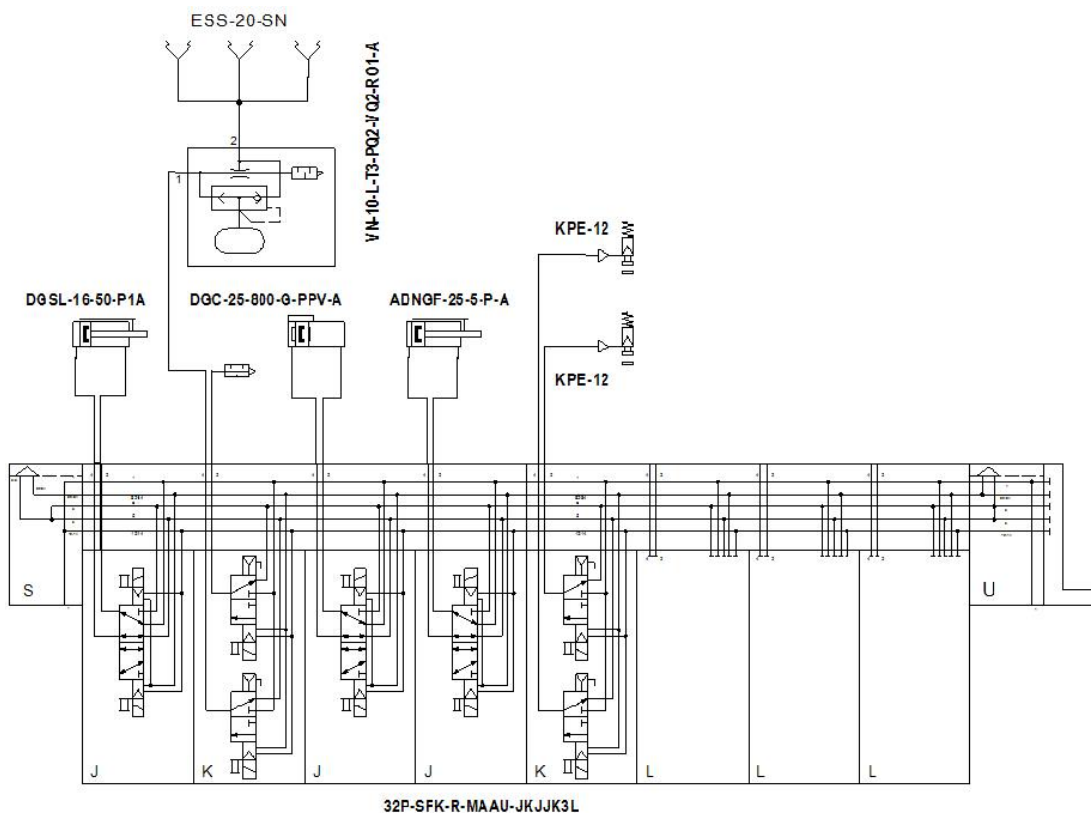


Rys. 5. Widok modułu podklejającego



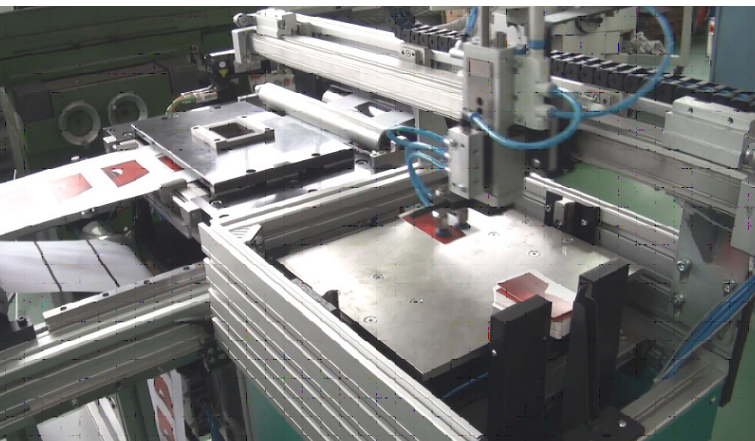
Rys. 6. Schemat układu pneumatycznego modułu podklejającego

W podobnej konwencji do modułu podającego zaprojektowany został system pneumatyczny modułu odbierającego (Rys. 7).



Rys. 7. Schemat układu pneumatycznego modułu odbierającego

Pobieranie gotowych dokumentów wielowarstwowych z gniazda modułu wykrawającego odbywa się z wykorzystaniem podciśnieniowego chwytaka wyposażonego w dwie lub trzy przysawki (Rys. 8).



Rys. 8. Widok modułu odbierającego

We wszystkich modułach zawierających wyspy zaworowe zastosowano sterowanie za pośrednictwem sieci Modbus TCP/IP wykorzystującej sieć Ethernet. Przyjęto założenie, że moduły te mogą pracować w dwóch zasadniczych trybach pracy. Pierwszym z nich jest tryb pracy ręcznej pozwalający na sterowanie pracą modułu poprzez zewnętrzny sterownik PLC. W tym przypadku magistrała komunikacyjna Ethernet jest wykorzystywana do załączania i sprawdzania stanów poszczególnych podzespołów modułu podłączonych do wejść i zaworów wyspy zaworowej. Drugim trybem jest tryb pracy automatycznej, w którym sterownik PLC wyspy zaworowej realizuje autonomicznie pracę całego modułu.

#### 4. LINIA TECHNOLOGICZNA DO WYTWARZANIA KART WIELOWARSTWOWYCH

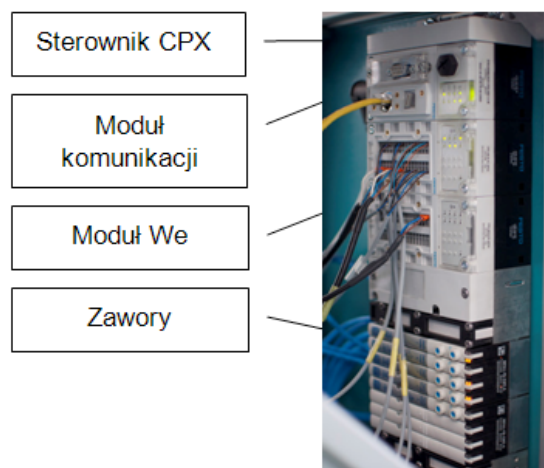
Prototypowa linia (Rys. 9) do elastycznego montażu wielowarstwowych dokumentów w tym z zabezpieczeniem elektronicznym wykonanym w technologii RFID (Zbrowski, Samborski, 2013) została wdrożona w Polskiej Wytwórni Papierów Wartościowych S. A. w Warszawie.

Pneumatyczny system realizujący założone operacje technologiczne pozwala na szerokie kształtowanie parametrów realizowanego procesu.



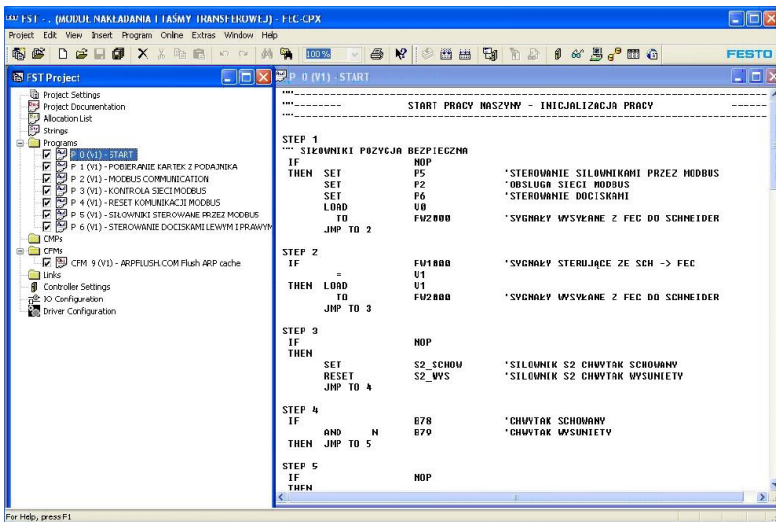
Rys. 9. Widok linii technologicznej

Dotyczy to zarówno możliwości precyzyjnego manipulowania przenoszonymi arkuszami o zmiennych wymiarach i gramaturze, jaki i swobodnej zmiany istotnych z punktu widzenia procesu klejenia regulacji sił towarzyszących klejeniu. Zmiana parametrów może odbywać się w dwóch obszarach. Pierwszy obejmuje ręczną regulację parametrów pracy napędów pneumatycznych, ciśnienia zasilania oraz położenia elementów ograniczających ich ruch decydujących o powtarzalności realizowanych funkcji. Drugi obszar dotyczy zmian programowych związanych z zależnościami czasowymi opisującymi sekwencje poszczególnych ruchów układów manipulacyjnych (Mikulczycki, 2006; Dzierżek, 2009). Zmiany programowe mogą odbywać się na poziomie oprogramowania nadrzędnego sterownika PLC kształtując sam proces poprzez włączanie/wyłączanie poszczególnych modułów wykonawczych lub na poziomie poszczególnych wysp zaworowych (Rys. 10).



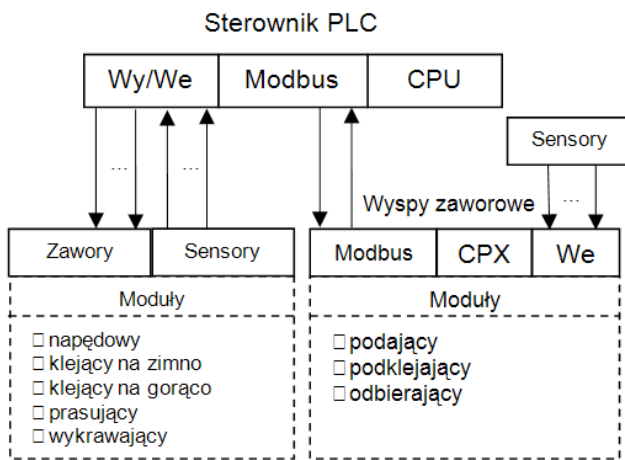
Rys. 10. Widok wyspy zaworowej modułu podklejającego

Do oprogramowania sterowania wyspami zaworowymi wykorzystywano specjalistyczne, dedykowane oprogramowanie (Rys. 11) Software Tools (FST v4.21) firmy FESTO - dostawcy komponentów pneumatyki wykorzystanych do budowy linii technologicznej.



Rys. 11. Widok fragmentu kodu programu sterującego pracą modułu podklejającego

Komunikacja poszczególnych komponentów systemu ze sterownikiem PLC wymagała użycia modułów wejść/wyjść pozwalających na obsługę ponad 140 cyfrowych sygnałów binarnych oraz siedmiu analogowych. Zastosowany moduł komunikacji Modbus TCP/IP pozwolił na przestanie kolejnych ponad 80 sygnałów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania modułów obsługiwanych przez wyspy zaworowe (Rys. 12).



Rys. 12. Struktura systemu sterowania

Ilość przekazywanych informacji wynikała bezpośrednio z liczby ponad 50-ciu pneumatycznych układów wykonawczych wyposażonych w sensory połączenia.

## 5. PODSUMOWANIE

Podatność pneumatycznych układów wykonawczych na kształtowanie parametrów ich pracy, niezbędna w wielu zastosowaniach, pozwala na ich wykorzystanie do budowy złożonych systemów wykorzystywanych w procesach produkcyjnych. Przedstawiony pneumatyczny system linii technologicznej pozwala na wytwarzanie niskonakładowych partii wyrobów z wykorzystaniem opracowanych innowacyjnych technologii łączenia (kleje dyspersyjne, termotopliwe, błona klejowa) poszczególnych warstw z użyciem różnych materiałów

(papier, folia). System sterowania linią, wykorzystujący nadrzędny sterownik PLC, umożliwia bezpośrednią komunikację z poszczególnymi elementami wykonawczymi lub całymi modułami sterowanymi z poziomu sterowników lokalnych wysp zaworowych. Zastosowane rozwiązania sprzętowe i programowe pozwalają na realizację prac badawczo-rozwojowych zmierzających do poprawy poziomu zabezpieczeń dokumentów zawierających identyfikatory RFID.

## LITERATURA

1. Beater P. (2007), *Pneumatic Drives. System Design, Model-ing and Control*, Springer Berlin Heidelberg
2. Koziół S., Zbrowski A., Samborski T., Wiejak J. (2010), Koncepcja systemu testowania połączeń montażowych w dokumentach z zabezpieczeniem elektronicznym, *Technologia i Automatykacja Montażu* nr 4, 6 – 9.
3. Dzierżek K., Siemieniako F. (2009) Automatykacja procesu wytwarza obudów urządzeń AGD. Zesz. Nauk. P. Świętokrzyskiej. Nauki Tech. Bud. Eksp. Masz. - nr 12 s.51-52.
4. Medvedev Yu. A., Ugorova S. V. (2012), Pneumatic Positional Drive for Flexible Production System, *Russian Engi-neering Research*, Vol. 32, 313 – 315
5. Mikulczycki T. (2006), *Automatykacja procesów produkcyjnych*, WNT, Warszawa
6. Samborski T., Zbrowski A., Koziół S. (2010), Model modułowego systemu implementacji inletów RFID, *Technologia i Automatykacja Montażu* nr 4, 30 – 35.
7. Samborski T., Koziół S., Zbrowski A. (2012), Reconfigurable system for feeding the paper sheets in the technological processes, *Technika Transportu Szybowego*, nr 9, wydanie CD
8. Zbrowski A., Samborski T. (2013), Mechatronic System for the Production of Highly Secured Documents, *Solid State Phenomena*, Vol. 198, 27 – 32

## PNEUMATIC SYSTEM OF A PROCESS LINE FOR THE MANUFACTURE OF MULTILAYER CARDS

**Abstract:** The article presents the structure of a pneumatic system used in the process line for the manufacture of multilayer documents. The system actuators execute all functions concerning the proper feeding and assembly of semi-finished products. The line control system, in which the main PLC controller is used, enables direct communication with the individual actuators or the entire modules controlled with controllers from local valve terminals. The software and hardware solutions applied enable the execution of R&D tasks aimed at the improvement of the level of protection in RFID secured documents. The structure of the system facilitates the manufacture of low-cost batches of goods with the use of original joining technologies enabling individual layers of cards to be joined with different bonding elements.

Pracę wykonano w ramach realizacji projektu rozwojowego nr OR00003909 pn: „System i pilotowa implementacja zabezpieczeń elektronicznych zawierających układy RFID” finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

# Przyczyny awarii turbosprężarek

## USZKODZENIE PRZEZ OBCY MATERIAŁ

Wyszczerbione i pocięte łopatki koła kompresji lub turbiny, to uszkodzenia spowodowane przez obcy materiał wpadający do korpusu wydechowego lub ssącego. Przed wymianą turbosprężarki należy sprawdzić drożność i czystość układów ssącego i wydechowego silnika.

Nie należy samodzielnie prostować łopatek !!!

Układ wirujący musi być wyważony dynamicznie !!!

### Możliwe przyczyny:

- połamane elementy silnika,
- pęknięte elementy przyłączeniowe lub inne obiekty, które dostały się do wnętrza,
- śruby/nakrętki/piasek/kamienie/twardy obiekt pozostawiony w układzie doładowania powietrza.

## BRUDNY OLEJ

Zanieczyszczony olej powoduje głębokie rysy na łożyskach turbosprężarki. Aby zapobiec tego typu uszkodzeniom, olej i filtry dobrej jakości, powinny być wymieniane regularnie, według zaleceń producenta.

### Możliwe przyczyny:

- zablokowany, zniszczony lub złej jakości filtr oleju,
- zużycie silnika (uszkodzone części silnika),
- niesprawność zaworu przelewowego filtra oleju,
- złej jakości olej silnikowy,
- olej zbyt długo nie zmieniany.

## PRZERWY W DOSTARCZANIU OLEJU

Przerwy w powtarzających się krótkich okresach (4-5 sekund) powodują wypolerowanie i wypalanie powierzchni łożysk.

### Możliwe przyczyny:

- wymiana turbosprężarki bez zalania jej olejem,
- wymiana oleju i filtra oleju,
- długi okres nie używania samochodu,
- nieodpowiednie uruchomienie silnika po wymianie lub naprawie turbosprężarki,
- niskie ciśnienie oleju z powodu złego funkcjonowania systemu smarowania,
- zanieczyszczenie oleju np. glikol, paliwo.

## NIEDOBÓR CIŚNIENIA OLEJU

Znaczny niedobór ciśnienia oleju ponad przedłużony okres (powyżej 8-10 sekund) oprócz wypolerowania i wypalania powierzchni łożysk powoduje przebarwienia termiczne. Niskie ciśnienie oleju jest najgroźniejszą formą przerw w dostarczaniu oleju.

### Możliwe przyczyny:

- zgięty, złamany lub niedrożny przewód smarujący turbosprężarkę,
- niesprawna pompa olejowa,
- niski poziom oleju w misce olejowej,
- zanik smarowania z powodu zbyt długiej pracy pojazdu na dużym pochyleniu terenu



## PRZEGRZANIE

Przejście wysokiej temperatury z korpusu wydechowego turbosprężarki na korpus środkowy powoduje wypalanie oleju i korozję łożysk turbosprężarki. Nagromadzenie węgla (wypalony olej) spowodowane jest nadmierną temperaturą spalin lub zbyt szybkim wyłączeniem silnika po pracy. Zaleca się pozostawienie silnika po pracy na czas 2-3 minut na biegu jałowym – czas potrzebny do ostudzenia turbosprężarki. Główne uszkodzenia występują na pierścieniu i rowkach wałka turbiny, a także łożysku turbiny. Zwęglony olej powoduje również zablokowanie odpływu oleju w korpusie środkowym. Nagromadzenie się węgla powoduje tarcie, a w konsekwencji prowadzi do zgięć i pęknięć części turbosprężarki.



### Możliwe przyczyny:

- zbyt szybkie wyłączenie silnika po pracy,
- zablokowany lub zużyty filtr powietrza,
- złej jakości olej silnikowy,
- zbyt rzadka wymiana oleju w silniku,
- przedmuchy powietrza i spalin,
- niesprawne wtryskiwacze,
- źle zamocowany korpus turbiny,
- niesprawny system smarowania,
- niesprawny system odprowadzania oleju (wady odpowietrzania skrzyni korbowej silnika)

Źródło: MotoRemo



Rys. Brudny olej powoduje rysy na łożyskach





Spectro-Lab



**INSTRON**

Coronation Road, High Wycombe,  
Bucks, HP12 3JF, Wielka Brytania  
www.instron.pl

INSTRON założona w 1946 r. to czołowy producent sprzętu  
wytrzymałościowego na świecie.  
INSTRON są wykorzystywane do badań  
mechanicznych  
a pod obciążeniem wszelkich materiałów, elementów  
i w warunkach głoczenia i komorach środowiskowych.  
Nasza oferta INSTRON zawiera dobór urządzeń,  
szkolenia, kalibracje i wsparcie w systemach  
zawisłych gwarancji i pogwarancji.

Wszystkie urządzenia obejmują:

- maszyny wytrzymałościowe,
- maszyny do badań zmęczeniowych,
- maszyny, wahałowe i kolumnowe,
- komory temperaturowe do testów wytrzymałościowych,
- kapilarny, plastometry
- IT/Vicat
- do przygotowania próbek

Przedstawiciel w Polsce:

**Spectro-Lab**

ul. Warszawska  
05-092  
tel. 22 675 25  
info@  
www.



**INSTRON**

*Różnica jest mierzalna*



INSTRON  
Spectro-Lab

F24

F23

ro-Lab

UEHLER

ST





# Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej oraz Badań Nieniszczących CONTROL-TECH

Od 25 do 27 września już po raz osiemnasty odbędą się w Targach Kielce. Oprócz rozwiązań i produktów bezpośrednio dedykowanych branży przemysłowej techniki pomiarowej, wystawa od trzech lat poszerzona jest o branżę badań nieniszczących, umożliwiającą uzyskanie informacji o stanie fizycznym, wadach i własnościach badanego obiektu (materiału, wyrobu, konstrukcji) bez spowodowania zmiany jego cech użytkowych.

Zakres branżowy targów Control-Tech obejmuje nie tylko przyrządy i maszyny pomiarowe, urządzenia pomiarowe specjalnego zastosowania, elementy do urządzeń pomiarowych i badawczych, oprogramowanie do komputerowego wspomaganie zapewnienia jakości czy systemy optyczno-elektroniczne, ale także aparatura analityczna oraz aparatura do prób nieniszczących.

Potrzeba zgłębienia zagadnień badań nieniszczących w przyczyniła się do powołania Oddziału Polskiego Towarzystwa Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej SIMP w Kielcach. Inicjatywę w sprawie powołania Oddziału Polskiego Towarzystwa Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej w Kielcach wykazali członkowie Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, zamieszkujący na terenie województwa świętokrzyskiego i zajmujący się badaniami nieniszczącymi i problemami z nimi związanymi. Prezesem Oddziału PTBN i DT w Kielcach została Joanna Adamczyk - menedżer projektu targów Techniki Pomiarowej oraz Badań Nieniszczących CONTROL-TECH. Badania nieniszczące zajmują się lokalizacją defektów materiału i są rodzajem oceny stanu obiektu. Za pomocą NDT (Non-Destructive Testing – NDT) możliwe są do zdiagnozowania wady fabryczne, dzięki temu mogą przyczynić się do obniżenia żywotności elementu wykonanego z wadliwego surowca bądź nawet awarii spowodowanej wadami strukturalnymi materiału. W efekcie testowanie nieniszczące pozwala na wczesną selekcję wadliwych elementów, ma ono trudne do przecenienia znaczenie dla stabilnej pracy instalacji przemysłowych.

Podczas poprzedniej edycji swą ofertę targach CONTROL-TECH zaprezentowali liderzy rynku - 80 wiodących polskich i zagranicznych firm zajmujących się dystrybucją pomiarowych maszyn współrzędnościowych oraz ręcznych przyrządów pomiarowych. Targi cieszyły się także bardzo dużym zainteresowaniem specjalistów, kontrahentów oraz przedstawicieli świata nauki, którzy szukali na nich nowości branżowych, ciekawych rozwiązań technologicznych oraz okazji do nawiązania relacji biznesowych i pogłębienia wiedzy.

W 2013 roku targi obfitować będą w spotkania branżowe – organizatorzy planują warsztaty, konferencje i seminaria kierowane zarówno do wystawców, jak i zwiedzających targi. Więcej szczegółów dotyczących tych spotkań poznamy bliżej terminu imprezy.

Równolegle do targów CONTROL-TECH każdego roku odbywają się w Targach Kielce Międzynarodowe Targi Technologii dla Odlewnictwa METAL oraz Międzynarodowe Targi Aluminium i Technologii, Materiałów i Produktów Metali Nieżelaznych ALUMINIUM & NONFERMET.

Targi Kielce to trzeci ośrodek wystawienniczy w Europie Środkowo-Wschodniej, działający od 20 lat, organizator ponad 70 wystaw i 600 konferencji rocznie, mecenas kultury i sportu, sponsor drużyny Vive Targi Kielce, wielokrotnego mistrza Polski w piłce ręcznej. Spółka posiada 7 w pełni wyposażonych hal wystawienniczych, zewnętrzne tereny wystawowe oraz poligon dla pokazów dynamicznych. W 2013 r. Targi Kielce dysponować będą nowoczesnym Centrum Kongresowym o pojemności 1000 osób, parkingiem wielopoziomowym i nowym terminalem wejściowym. Targi Kielce organizują m.in. znany na całym świecie Międzynarodowy Salon Przemysłu Obronnego MSPO, Międzynarodowe Targi Budownictwa Drogowego AUTOSTRADA-POLSKA, Międzynarodowe Targi Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych PLASTPOL.



# marani

outsourcing air company

[www.marani.pl](http://www.marani.pl)

Outsourcing dostaw sprężonego powietrza w przemyśle.  
Sprzedaż sprężarek, osuszaczy, urządzeń uzdatniania sprężonego powietrza.  
Audyt, projektowanie, serwis i utrzymanie ruchu sprężarki przemysłowych.



## Marani Sp. z o.o.

ul. Mickiewicza 66

41-807 Zabrze, Poland

NIP: 631-00-20-661 Regon 272036412

Tel. Fax +48 (0) 32 274-24-98 do 99

Tel. +48 (0) 32 274-01-13 do 16

E-mail: [marani@marani.pl](mailto:marani@marani.pl)



ENERGY SAVING COMPANY

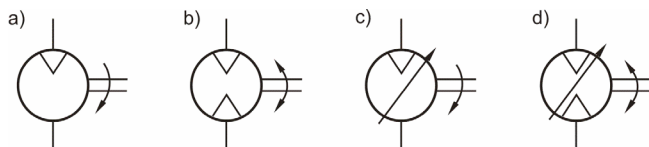
# Charakterystyki i sterowanie silników pneumatycznych

Ryszard Dindorf

## WPROWADZENIE

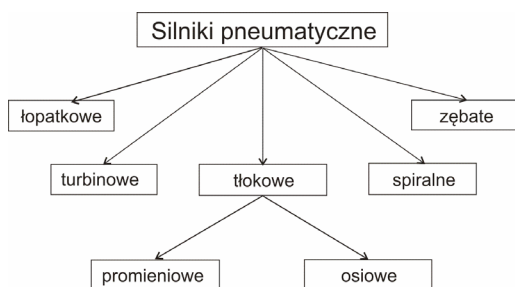
Silniki pneumatyczne są elementami wykonawczymi (aktuatorami), w których przetwarza się energię ciśnienie sprężonego powietrza na energię mechaniczną w ruchu obrotowym. Silniki pneumatyczne są proste w obsłudze i łatwe w sterowaniu. Zaletą silników pneumatycznych jest ich trwałość, wytrzymałość na przeciążenia, łatwość zatrzymania, płynna bezstopniowa regulacja obrotów, wysokie prędkości obrotowe, wysoki moment rozruchowy. Silniki pneumatyczne są stosowane w wielu rodzajach narzędzi i urządzeń wymagających napędu obrotowego, np. szlifierki proste, kątowe i pionowe, szlifierko-frezarki, frezarki proste, młotki, młoty, ścinaki, kliniaki, ubijaki, wiertarki, wkrętaki, klucze udarowe i dynamometryczne, kątownice, gwintownice, nitownice, wrzeciona maszyn, motoreduktory i inne.

Symbole graficzne silników pneumatycznych przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Symbole graficzne silników pneumatycznych: a) silnik jednokierunkowy, b) silnik dwukierunkowy, c) silnik jednokierunkowy regulowany, d) silnik dwukierunkowy regulowany

Najszerze zastosowanie w praktyce przemysłowej znalazły silniki pneumatyczne obrotowe: łopatkowe, przepływowe (turbinowe), zębate, tłokowe (promieniowe i osiowe), spiralne. Podział silników pneumatycznych obrotowych zamieszczono na rysunku 2.



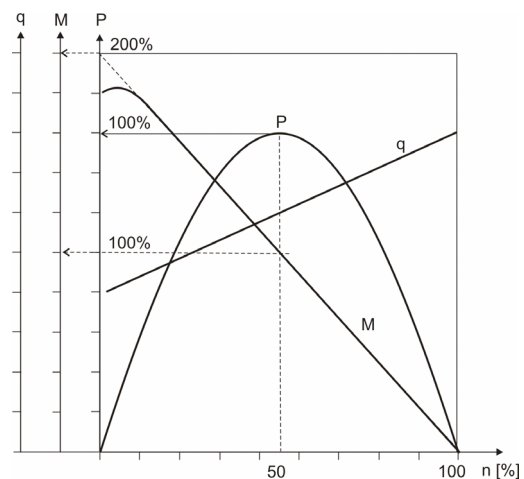
**Rys. 2.** Schemat klasyfikacyjny silników pneumatycznych obrotowych

Silniki pneumatyczne wykorzystuje się w przypadkach: dużej elastyczności napędu (dostosowanie prędkości obrotowej do zmiennych obciążeń) oraz dużych prędkości obrotowych. Silniki pneumatyczne umożliwiają uzyskanie prędkości obrotowej w szerokim zakresie, np. w przypadku silników łopatkowych od 6000 do 30000 obr/min, w przypadku silników tłokowych

do 15000 obr/min, a w przypadku silników przepływowych do 150000 obr/min.

Silniki pneumatyczne posiadają wiele zalet w stosunku do silników elektrycznych i często stają się jedyną ich alternatywą. W silnikach pneumatycznych jest lepszy stosunek mocy do ciężaru, są o 75% lżejsze i o 85% mniejsze w stosunku do asynchronicznych silników elektrycznych tej samej mocy. Silniki pneumatyczne można utrzymywać na luzie przy pełnym momencie obrotowym, znoszą wielokrotne uruchamianie i zatrzymywanie bez żadnych ograniczeń, jest możliwość zmiany kierunku obrotów silnika oraz momentu i prędkości obrotowej w szerokim zakresie. Silniki pneumatyczne są łatwe do sterowania, np. bezstopniowe sterowanie prędkością obrotową metodą dławieniową, podczas którego moc silnika dostosowuje się do obciążenia. Silniki pneumatyczne wykorzystuje się w niebezpiecznym środowisku narażonym na pożar lub wybuch, są odporne na zakłócenia elektryczne lub magnetyczne.

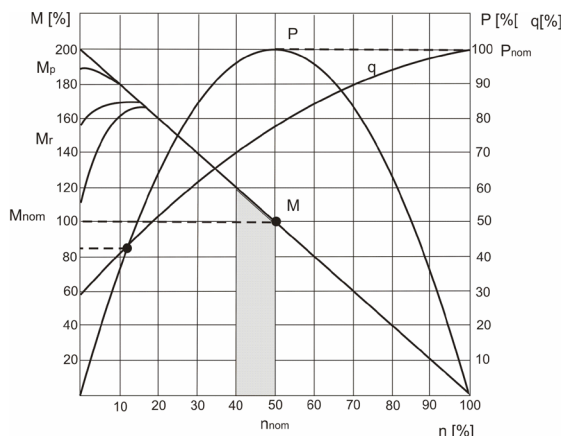
Na rysunku 3 przedstawiono typowe charakterystyki silników pneumatycznych w funkcji prędkości obrotowej: moc  $P = f(n)$ , moment  $M = f(n)$  i zużycie powietrza  $q = f(n)$ .



**Rys. 3.** Typowe charakterystyki silnika pneumatycznego

Z charakterystyk silnika pneumatycznego wynika, że przy prędkości obrotowej nominalnej, równej 50% prędkości maksymalnej, moc silnika ma wartość maksymalną 100% (nominalną) oraz moment obrotowy silnika osiąga wartość maksymalną 100% (nominalną). Przy wzroście prędkości obrotowej moc i moment spadają, a po osiągnięciu maksymalnych obrotów 100% mają wartości zerowe. Przy zmniejszaniu prędkości obrotowej aż do jego zatrzymania moc spada do zera, a moment osiąga wartość momentu przeciążeniowego  $M_p$ , ok. 200% momentu nominalnego.

Moment rozruchowy  $M_r$  silnika wynosi około 150% momentu nominalnego. Optymalne parametry i optymalny zakres pracy silnika pneumatycznego przedstawiono na rysunku 4. Optymalny zakres pracy silnika pneumatycznego obejmuje zakres nominalnej prędkości obrotowej  $n_{nom}$ , wyróżniony na wykresie tego rysunku.



Rys. 4. Nominalne parametry silników pneumatycznych

Silniki pneumatyczne są odporne na zdławienie, to znaczy że można je eksploatować aż do osiągnięcia przeciążeniowego momentu obrotowego  $M_p$ . Po osiągnięciu tego momentu silnik pneumatyczny zatrzymuje się. Nie ma to wpływu na stan eksploatacyjny silnika oraz nie powoduje to uszkodzenia silnika. W przypadku, gdy silnik pneumatyczny zostanie zatrzymany poprzez silne udarowe obciążenie, wtedy powstaje duży moment nawrotny. Częste występowanie takiego obciążenia może spowodować uszkodzenia silnika. Moc silnika pneumatycznego zależy od momentu i prędkości kątowej:

$$P = M \cdot \omega$$

gdzie:  $P$  = moc [W],  $M$  – moment obrotowy [Nm],  $\omega$  – prędkość kątowa [1/s]

Między prędkością kątową  $\omega$  w [1/s] i obrotową  $n$  w [obr/min] zachodzi związek:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

Po uwzględnieniu tej zależności wzór na moc silnika w zależności od momentu i prędkości obrotowej ma postać:

$$P = M \frac{\pi n}{30}$$

Do oceny zużycia sprężonego powietrza uwzględnia się trzy stany pracy silników pneumatycznych: stan obciążenia, stan biegu jałowego, stan wyłączenia. Silniki pneumatyczne zużywają więcej powietrza bez obciążenia przy ruchu jałowym, ponieważ wtedy prędkość obrotowa jest największa.

Zużycie sprężonego powietrza przez silnik pneumatyczny określa się na podstawie jednostkowego zużycia powietrza, które zależy od objętość powietrza zużywanego w czasie pojedynczego cyklu pracy silnika (przy obrotach w obu kierunkach) i przewody przyłączeniowe, łączące silnik

z zaworem sterującym (zaworem rozdzielającym). Na całkowite zużycie powietrza przez silnik mają wpływ także inne czynniki, jak nieszczelności w rurociągach i zaworach, spust kondensatu, ciśnienie i temperatura sprężonego powietrza.

Do obliczania jednostkowego zużycia powietrza  $q_{is}$  przez silnik pneumatyczny (objętości powietrza na jeden cykl pracy silnika) stosuje się wzór:

$$\text{dla } V_A \neq V_B \quad q_{is} = (V_A + V_B) \times k_s \times 10^{-3} \quad \text{NI/cykl}$$

$$\text{dla } V_A = V_B \quad q_{is} = 2 \times V_A \times k_s \times 10^{-3} \quad \text{NI/cykl}$$

gdzie:  $V_A$  – objętość robocza silnika zasilanego z przyłącza A w  $\text{cm}^3$ ,  $V_B$  – objętość robocza silnika zasilanego z przyłącza B w  $\text{cm}^3$ ,  $k_s$  – stopień sprężania w komorach silnika:

$$k_s = \frac{p_r + p_a}{p_a}$$

gdzie:  $p_r$  – ciśnienie robocze i  $p_a$  – ciśnienie atmosferyczne w MPa lub barach.

Do obliczania jednostkowego zużycia powietrza w przewodach przyłączeniowych  $q_{ip}$  (objętości powietrza na jeden cykl pracy silnika) stosuje się wzór:

$$q_{ip} = 2 \times L \times A \times k_s \times 10^{-6} \quad \text{NI/cykl}$$

gdzie:  $L$  – długość przewodu przyłączeniowego w mm,  $A$  – przekrój przewodu przyłączeniowego w  $\text{mm}^2$ .

Całkowite jednostkowego zużycia powietrza  $q_{ic}$  przez silnik pneumatyczny wynosi:

$$q_{ic} = q_{is} + q_{ip} \quad \text{NI/cykl}$$

Całkowite zużycie powietrza przez silnik pneumatyczny, po uwzględnieniu ilości jego cykli pracy  $n_c$  na minutę (cykl/min) oraz współczynnika rezerwy  $k_r$ , wynosi:

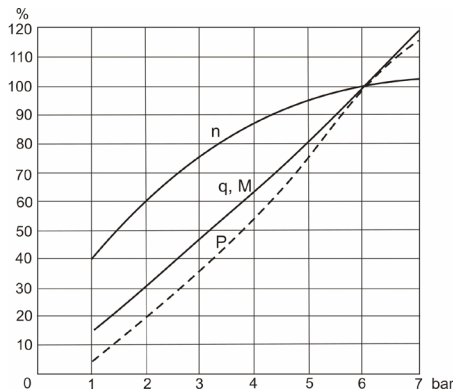
$$q_c = q_{ic} \times n_c \times k_r \quad \text{NI/min}$$

Przy obliczaniu rzeczywistego zużycia powietrza przez silnik pneumatyczny oprócz współczynnika rezerwy  $k_r$  uwzględnia się także średni wskaźnik użycia oraz współczynnik równoczesności pracy narzędzi pneumatycznych.

Prędkość obrotowa  $n$  silnika pneumatycznego zależy strumienia powietrza (objętościowego natężenia przepływu)  $q$  doprowadzanego do silnika, określanego wzorem:

$$q = \frac{1}{2} q_{ic} \times n \quad \text{NI/min}$$

Typowe osiągi silników pneumatycznych w zależności od ciśnienia powietrza  $p$  w barach, tj. moc  $P = f(p)$ , prędkość obrotowa  $n = f(p)$ , moment  $M = f(p)$  i natężenia strumienia powietrza  $q = f(p)$ , przedstawiono na rysunku 5.



Rys.5. Typowe osiągi silników pneumatycznych

Procentową zmianę parametrów silnika pneumatycznego w zależności od ciśnienia roboczego zamieszczono w tabeli 1. Przy ciśnieniu 6 bar wszystkie parametry silniki wykazują wartość względną 100%. Jeżeli ciśnienie wejściowe do silnika zostanie zredukowane, np. do 4 bar, wtedy liczba obrotów jest na poziomie ok. 87%, zużycie powietrza i moment obrotowy na poziomie ok. 67%, a moc na poziomie ok. 55% ich wartości nominalnych.

Tabela 1. Zmiana parametrów silnika w zależności od ciśnienia roboczego

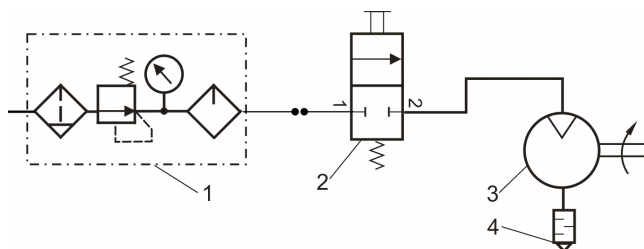
p [bar]	P [%]	n [%]	M [%]	q [%]
7	121	103	117	117
6	100	100	100	100
5	77	95	83	83
4	55	87	67	67
3	37	74	50	50

## STEROWANIE SILNIKÓW PNEUMATYCZNYCH

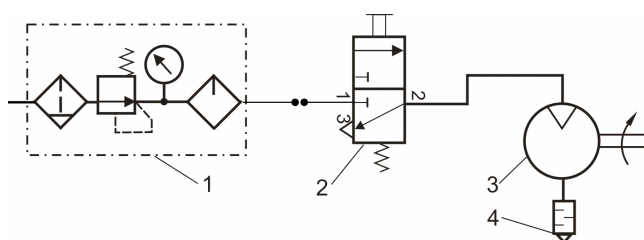
Silniki pneumatyczne można sterować płynnie w bardzo szerokim zakresie obrotów, a przez to zapewnić im odpowiednią moc i moment obrotowy, np. podczas rozruchu przy małej prędkości obrotowej osiąga się duży moment. Silniki pneumatyczne są wrażliwe na zmiany parametrów strumienia sprężonego powietrza, takich jak ciśnienia i natężenie przepływu na jego wlocie. Nagłe zmiany tych parametrów w sieci pneumatycznej mogą spowodować niekontrolowane zmiany stanu pracy silnika, np. nagłą zmianę obciążenia i prędkości obrotowej. Ale w wyniku kontrolowanej zmiany ciśnienia i natężenia przepływu na wlocie silnika można sterować jego parametrami: prędkością, momentem i mocą. Stosowane są różne metody sterowania silników pneumatycznych, ale generalnie wyróżnia się trzy sposoby: regulacja obrotów (przez regulator w silniku), sterowanie dławieniowe (zawór dławiący tzw. dławik na wlocie lub wylocie silnika) oraz sterowanie ciśnieniowe (regulator ciśnienia na wlocie silnika).

## STEROWANIE KIERUNKIEM OBROTÓW PNEUMATYCZNYCH

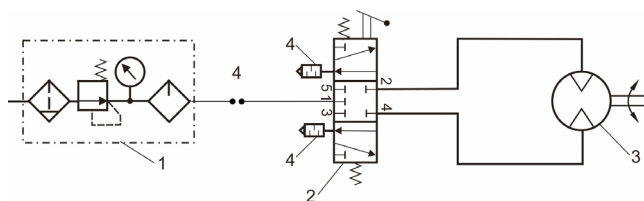
Do sterowania kierunkiem obrotów silników pneumatycznych stosuje się zwykle zawory rozdzielające sterowane ręcznie. Silniki pneumatyczne o jednym kierunku obrotów (tzw. jednokierunkowe) mogą mieć obroty prawe R lub lewe L, natomiast silniki o dwóch kierunkach obrotów (tzw. dwukierunkowe) mają obroty prawe R i lewe L. Najprostszym sposobem sterowania kierunkiem obrotów silników jednokierunkowych jest zastosowanie zaworów rozdzielających typu 2/2 (dwudrogowych, dwupołożeniowych), jak na schemacie sterowania przedstawionym na rysunku 6, lub zastosowanie zaworów rozdzielających typu 3/2 (trójdrogowych, dwupołożeniowych), jak na schemacie sterowania przedstawionym na rysunku 7. Do sterowania kierunkiem obrotów silników dwukierunkowych można zastosować zawory 5/3 (pięciodrogowe, trójpołożeniowe), jak na schemacie sterowania przedstawionym na rysunku 8, lub za pomocą dwóch zaworów rozdzielających 3/2 (trójdrogowych, dwupołożeniowych), jak na schemacie sterowania przedstawionym na rysunku 9.



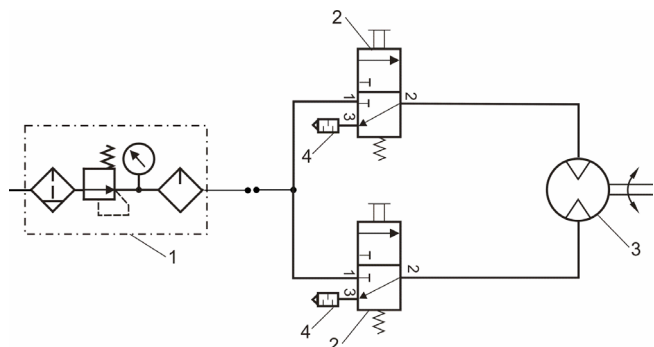
Rys. 6. Schemat sterowania kierunkiem obrotów silnika jednokierunkowego: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 2/2, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – tłumik hałasu



Rys. 7. Schemat sterowania kierunkiem obrotów silnika jednokierunkowego: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 3/2, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – tłumik hałasu



Rys. 8. Schemat sterowania kierunkiem obrotów silnika dwukierunkowego: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 5/3, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – tłumiki hałasu



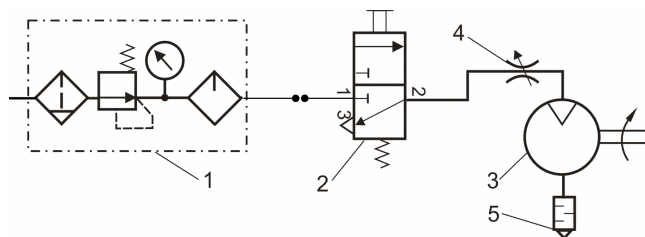
**Rys. 9.** Schemat sterowania kierunkiem obrotów silnika dwukierunkowego: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawory rozdzielające typu 3/2, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – tłumiki hałasu

## STEROWANIE PRĘDKOŚCIĄ OBROTOWĄ SILNIKÓW PNEUMATYCZNYCH

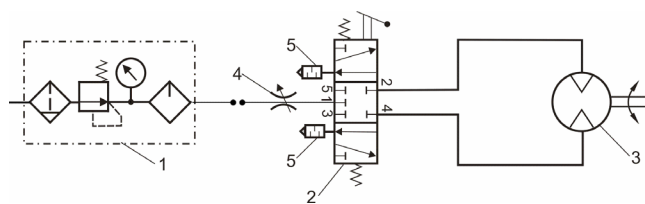
Optymalne prędkości obrotowe silników pneumatycznych uzyskuje się przez bezstopniowe sterowanie dławieniowe strumienia powietrza dopływającego do silnika lub wypływającego z silnika. Podczas sterowania dławieniowego (przez dławienie przepływu), zmniejsza się dopływ strumienia powietrza do silnika, a przez to prędkość obrotowa silnika przy zachowaniu optymalnej mocy i momentu. W sterowaniu dławieniowym powinno się ograniczyć prędkość obrotową silnika podczas biegu luzem, która nie może być jednak mniejsza niż 50% jej wartości przy pełnym zasilaniu (przy całkowicie otwartym zaworze). Dalsze obniżanie prędkości obrotowej prowadzi do nieregularnej pracy silnika. Sterowanie dławieniowe ma niewielki wpływ na moment hamowania silnika. Obliczenie żądanej redukcji obrotów przy danym stopniu dławienia jest dość trudne. Najprościej jest przeprowadzić kilka testów w ściśle określonych warunkach, które wskażą sposób ustalenia odpowiednich parametrów silnika.

Prędkość obrotowa silnika pneumatycznego zależy od natężenia przepływu strumienia powietrza, które można zmieniać za pomocą zaworów dławiących (dławika) lub zaworów regulujących natężenie przepływu (zaworów proporcjonalnych). Zawory sterujące natężeniem przepływu mogą być umieszczone na wlocie (na dopływie) do silnika lub na wylocie (na wypływie) z silnika. Przykład układu sterowania dławieniowego wlotowego, za pomocą dławika umieszczonego na dopływie silnika jednokierunkowego, za zaworem rozdzielającym 3/2, przedstawiono na schemacie rysunku 10. Układ sterowania dławieniowego wlotowego, za pomocą dławika umieszczonego na dopływie do silnika dwukierunkowego przedstawiono na schemacie rysunku 11. W tym przypadku obroty silnika w lewo L lub w prawo R zależą od stanu przesterowania zaworu rozdzielającego 5/3.

**Rys. 13.** Schemat sterowania dławieniowego silnika dwukierunkowego z dławieniem na dopływie: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawory rozdzielające typu 3/2, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – zawory dławiająco-zwrotne, 5 – tłumiki hałasu

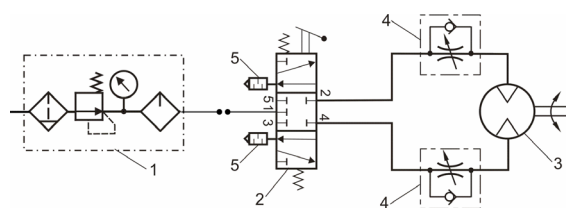


**Rys. 10.** Schemat sterowania dławieniowego silnika jednokierunkowego z dławieniem na dopływie: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 3/2, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – zawór dławiający, 5 – tłumiki hałasu

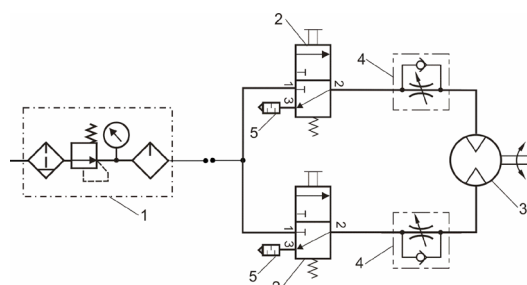


**Rys. 11.** Schemat sterowania dławieniowego silnika dwukierunkowego z dławieniem na dopływie: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 5/3, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – zawór dławiający, 5 – tłumiki hałasu

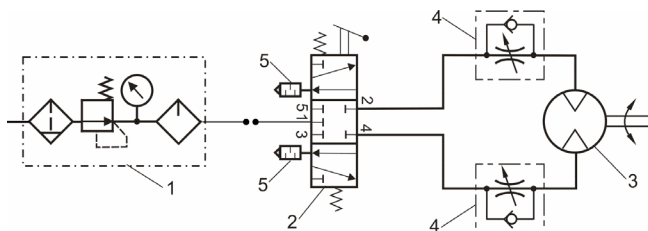
W układach sterowania dławieniowego silników pneumatycznych stosuje się także zawory dławiająco-zwrotne umieszczone przed silnikiem i za silnikiem. W zależności od położenia zaworu zwrotnego można dławić przepływ na wlocie (na dopływie) do silnika lub na wylocie (na wypływie) z silnika. Przypadek sterowania dławieniowego wlotowego, na dopływie silnika dwukierunkowego z zastosowaniem zaworów dławiająco-zwrotnych, umieszczonych między zaworem rozdzielającym 5/3 a silnikiem, przedstawiono na schemacie rysunku 12. Przypadek sterowania dławieniowego wlotowego, na dopływie silnika dwukierunkowego z zastosowaniem zaworów dławiająco-zwrotnych, umieszczonych między zaworami rozdzielającymi 3/2 a silnikiem, przedstawiono na schemacie rysunku 13.



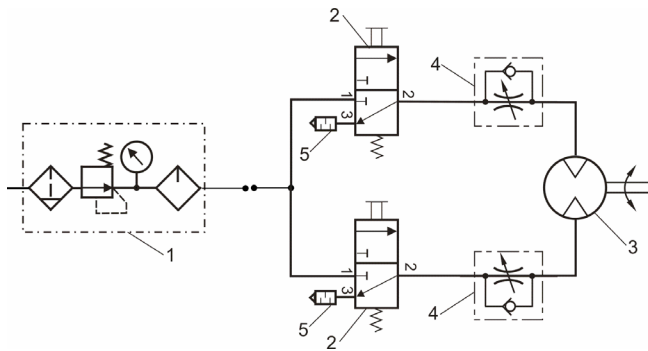
**Rys. 12.** Schemat sterowania dławieniowego silnika dwukierunkowego z dławieniem na dopływie: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 5/3, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – zawory dławiająco-zwrotne, 5 – tłumiki hałasu



Z kolei przypadek sterowania dławieniowego wylotowego, na wyptywie (na odpływie) z silnika dwukierunkowego z zastosowaniem zaworów dławiąco-zwrotnych, umieszczonych między zaworem rozdzielającym 5/3 a silnikiem, przedstawiono na schemacie rysunku 14. A przypadek sterowania dławieniowego wylotowego, na wyptywie z silnika dwukierunkowego z zastosowaniem zaworów dławiąco-zwrotnych, umieszczonych między zaworami rozdzielającymi 3/2 a silnikiem, przedstawiono na schemacie rysunku 15.



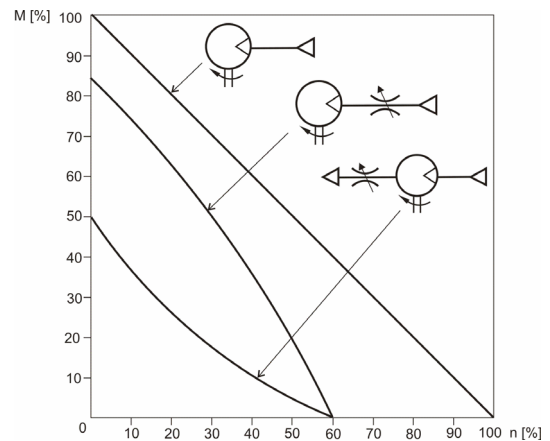
**Rys. 14.** Schemat sterowania dławieniowego silnika dwukierunkowego z dławieniem na wyptywie: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawór rozdzielający typu 5/3, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – zawory dławiąco-zwrotne, 5 – tłumiki hałasu



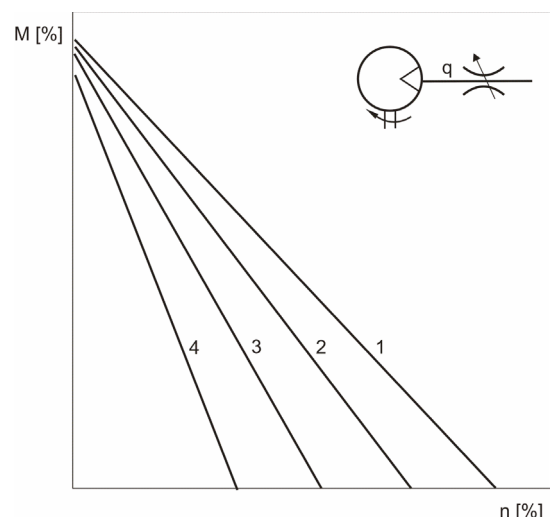
**Rys. 15.** Schemat sterowania dławieniowego silnika dwukierunkowego z dławieniem na wyptywie: 1 – zespół przygotowania powietrza FRL, 2 – zawory rozdzielające typu 3/2, 3 – silnik pneumatyczny, 4 – zawory dławiąco-zwrotne, 5 – tłumiki hałasu

## CHARAKTERYSTYKI DŁAWIENIOWE SILNIKÓW PNEUMATYCZNYCH

W wyniku sterowania dławieniowego, po zdławieniu strumienia powietrza na doptywie do silnika lub odpływie z silnika, zmniejsza się jego prędkość obrotowa, a przez to zmieniają się jego charakterystyki momentu  $M = f(n)$  i mocy  $P = f(n)$ . Na rysunku 16 porównano charakterystyki momentów  $M = f(n)$  silnika pneumatycznego: bez dławienia strumienia powietrza, z dławieniem strumienia powietrza na wlocie do silnika (zawór dławiący umieszczony jest na wlocie silnika) oraz z dławieniem strumienia powietrza na wylocie z silnika (zawór dławiący umieszczony jest na wylocie silnika). Przy dławieniu wylotowym jest mniejsza różnica ciśnień  $\Delta p$  w silniku niż w przypadku dławienia wlotowego. Zastosowanie dławienia wylotowego może spowodować zakłócenia w pracy silnika przez zmianę ciśnienia wewnątrz silnika oraz w wyniku wzrostu przecieku przez uszczelnienie wału obrotowego. Wpływ stopnia otwarcia zaworu dławiącego na charakterystyki momentu silnika  $M = f(n)$  przedstawiono na rysunku 17.

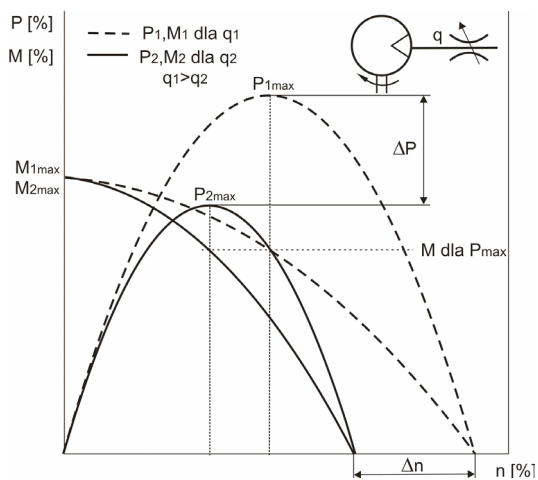


**Rys. 16.** Charakterystyki momentu silnika pneumatycznego bez dławienia, z dławieniem wlotowym, z dławieniem wylotowym



**Rys. 17.** Charakterystyki momentu silnika pneumatycznego w zależności od stopnia otwarcia zaworu dławiącego: 1 – 100%, 2 – 80%, 3 – 60%, 4 – 40%

W wyniku dławienia strumienia powietrza na doptywie silnika redukuje się jego prędkość obrotowa, wtedy zmniejsza się moc maksymalna  $P_{max}$  silnika, ale nominalny moment obrotowy w stosunku do mocy maksymalnej prawie się nie zmienia, patrz na charakterystyki mocy  $P = f(n)$  i momentu  $M = f(n)$  przedstawione na rysunek 18.

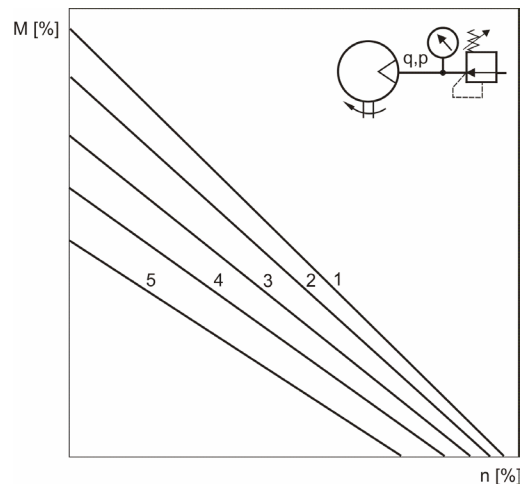


Rys. 18. Porównanie charakterystyk mocy i momentu silnika pneumatycznego po redukcji strumienia przepływu zaworem dławiącym

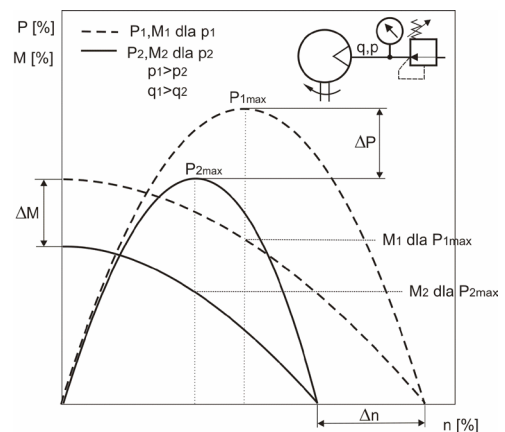
Z charakterystyk rysunku 18 wynika, że sterowanie dławieniowe silników pneumatycznych jest najlepszą metodą do zmniejszenia ich mocy przy zachowaniu stałego momentu.

### CHARAKTERYSTYKI CIŚNIENIOWE SILNIKÓW PNEUMATYCZNYCH

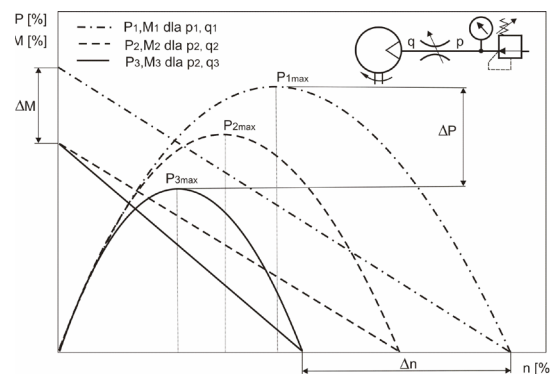
Sterowanie ciśnieniowe jest sposobem „ustawienia” momentu obrotowego. W tym celu zawór redukcyjny lub regulator ciśnienia umieszczony jest na wlocie silnika. Sposób sterowania ciśnieniem jest stosowany wtedy, gdy moment zahamowania (zatrzymania silnika) powinien być regulowany, a wysoki moment rozruchowy nie ma znaczenia. Regulator ciśnienia umożliwia osiągnięcie pożądanego „punkt pracy” w wyniku ustalenia wymaganego ciśnienia wlotowego. Moment silnika jest funkcją ciśnienia wlotowego  $M = f(p)$ , dlatego przez sterowanie ciśnieniem można sterować momentem silnika pneumatycznego. Na rysunku 19 przedstawiono charakterystyki momentu silnika pneumatycznego dla różnych wartości ciśnienia wlotowego, sterowanego (ustawianego ręcznie) regulatorem ciśnienia. Obniżenie ciśnienia wlotowego powoduje zmniejszenie momentu startowego przy uruchamianiu silnika. Na rysunku 20 porównano charakterystyki mocy  $P = f(n)$  i momentów  $M = f(n)$  silnika pneumatycznego po redukcji ciśnienia z  $p_1$  do  $p_2$ . Z charakterystyk tych wynika, że redukcja ciśnienia powoduje zmniejszenie momentu. Następstwem tego jest także zmniejszenie mocy silnika i zmniejszenie obrotów silnika. Na rysunku 21 przedstawiono charakterystyki mocy  $P = f(n)$  i momentów  $M = f(n)$  silnika pneumatycznego w przypadku kombinowanego sterowania dławieniowego i ciśnieniowego, po szeregowym połączeniu zaworu dławiącego (dławika) i zaworu redukcyjnego (regulatora przepływu) na dopływie do silnika. Zmniejszenie obrotów silnika ma związek ze zmniejszeniem strumienia powietrza w wyniku redukcji ciśnienia. Na rysunku 22 przedstawiono charakterystyki natężenia strumienia powietrza w funkcji prędkości obrotowej  $q = f(n)$ , doprowadzanego do silnik pneumatycznego łopatkowego, w zależności od ciśnienia roboczego  $p$ .



Rys. 19. Charakterystyki ciśnieniowe silnika pneumatycznego w zależności od ustawienia zaworu redukcyjnego: 1 – 7 bar, 2 – 6 bar, 3 – 5 bar, 4 – 4 bar, 5 – 3 bar

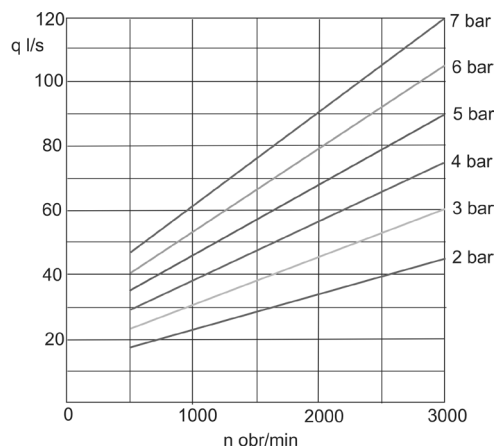


Rys. 20. Porównanie charakterystyk mocy i momentu silnika pneumatycznego po redukcji ciśnienia zaworem redukcyjnym



Rys. 21. Porównanie charakterystyk mocy i momentu silnika pneumatycznego po redukcji ciśnienia zaworem redukcyjnym i strumienia przepływu zaworem dławiącym

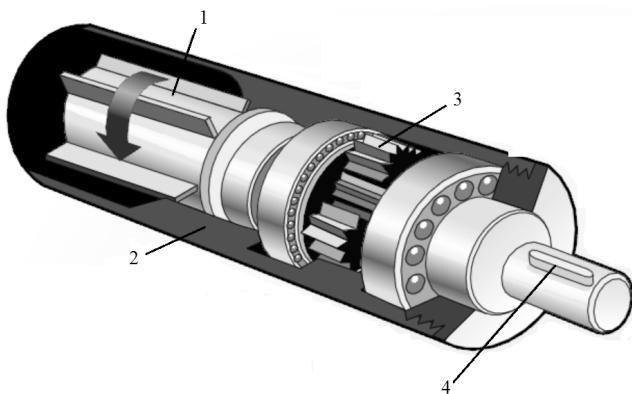




**Rys. 22.** Zużycie powietrza przez silnik pneumatyczny w zależności od ciśnienia roboczego na przykładzie silnika łożatkowego

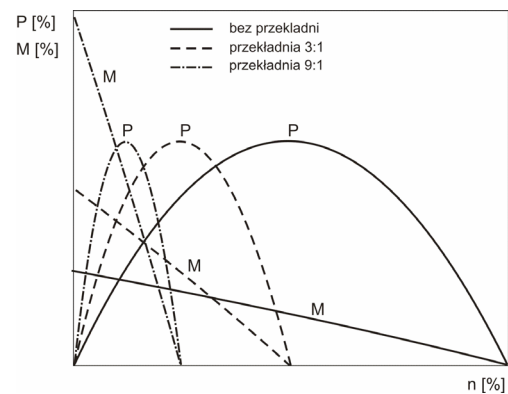
## CHARAKTERYSTYKI SILNIKÓW PNEUMATYCZNYCH Z PRZEKŁADNIĄ

Silniki pneumatyczne mogą napędzać narzędzia lub urządzenia bezpośrednio lub za pośrednictwem przekładni. Silniki pneumatyczne mogą być zbudowane z przekładnią zębatą planetarną lub połączone są z przekładniami zębatymi ślimakowymi lub śrubowymi. Przekrój silnika łożatkowego z zabudowaną przekładnią planarną przedstawiono na rysunku 23.



**Rys. 23.** Przekrój silnika pneumatycznego łożatkowego z przekładnią planarną (wg firmy Atlas Copco): 1 – silnik łożatkowy, 2 – obudowa, 3 – przekładnia planarna, 4 – wał napędowy

Na rysunku 24 porównano charakterystyki mocy  $P = f(n)$  i momentów  $M = f(n)$  silnika pneumatycznego bez przekładni, z przekładnią 3:1 i z przekładnią 9:1. Dla przetożenia 9:1 uzyskuje się stromą charakterystykę momentu. W takim przypadku, prędkość obrotowa zmienia się w bardzo wąskim zakresie przy dużych zmianach momenty obciążającego silnik.



**Rys. 24.** Porównanie charakterystyk mocy i momentu silnika pneumatycznego bez przekładni, z przekładnią 3:1 i przekładnią 9:1

Lepsze charakterystyki od dławieniowych i ciśnieniowych uzyskuje się po wyposażeniu silnika pneumatyczny w regulator obrotów: odśrodkowy, odśrodkowo-różnicowy lub elektroniczny. Odśrodkowy regulator obrotów ma dwojakie zadanie w silniku pneumatycznym: ma zapewnić optymalną moc w możliwie szerokim zakresie obrotów oraz utrzymać tzw. bezpieczną prędkość obrotową. Siła odśrodkowa w regulatorze, zależna od prędkości obrotowej silnika, powodując wychylenie ciężarków wokół osi obrotu, a poprzez grzybek powoduje ugięcie sprężyny, sterując w ten sposób dopływem powietrza do silnika. Dokładność tej regulacji silnika zależy od charakterystyki sprężyny, właściwego doboru geometrii przepływu i masy ciężarków, a także od dokładności wykonania tych elementów.

## PODSUMOWANIE

Silniki pneumatyczne nie są wolne od wad. Zaliczyć do nich można zależności prędkości obrotowej od obciążenia. Dotyczy to silników, które nie zostały wyposażone w regulatory obrotów. Obroty silników są wrażliwe na wahania ciśnienia powietrza w sieci pneumatycznej. Nie bez znaczenia pozostają również wysokie koszty towarzyszące wytworzeniu sprężonego powietrza, które musi posiadać odpowiednie parametry. Ogólna sprawność instalacji pneumatycznych jest też dość niska. Jednak w przypadku niewielkich ręcznych narzędzi pneumatycznych wspomniane wyżej wady nie są aż tak bardzo istotne. Z chwilą pojawienia się na rynku wielu niezbyt drogiej sprężarek, narzędzia pneumatyczne coraz chętniej są stosowane przez rzemieślników. Decydując się na wybór tego typu urządzeń, otrzymuje się wydajne narzędzia, posiadające wysoką trwałość (przewyższającą nawet kilkukrotnie trwałość elektronarzędzi) i zużywające stosunkowo niewiele energii. Gdy to wszystko weźmie się pod uwagę, okaże się, że stosując narzędzia pneumatyczne, w pewnych okolicznościach można poprawić wydajność pracy, a także osiągnąć obniżenie jej kosztów.

### Autor:

Prof. hab. inż. Ryszard Dindorf, prof. nadzw. PŚk.  
e-mail: dindorf@tu.kielce.pl

Katedra Urządzeń Mechatronicznych, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska  
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce  
Tel. 41 3424481

# Reklama w czasopiśmie

## Pneumatyka

Pneumatyka jest czasopismem specjalistycznym, o zasięgu krajowym, ukazującym się od 1996 r. Jako jedyne w Polsce w całości zajmuje się całokształtem zagadnień związanych z powietrzem.

Magazyn Pneumatyka stał się platformą mocnego powiązania nauki z instytucjami, które mogą ją wykorzystywać i stworzył silną więź między twórcą pomysłu a użytkownikiem. Jest również okazją do poznania technicznych problemów z którymi zmagają się przemysł.



**Pragniemy zaprosić Państwa do publikacji artykułów oraz zamieszczania reklam w naszym kwartalniku branżowym.**

więcej informacji:  
<http://magazyn.pneumatyka.com>

## Darmowa prenumerata

Magazyn Pneumatyka skierowany jest do osób zawodowo związanych z branżą pneumatyki.

Aby zamówić lub zaktualizować bezpłatną prenumeratę prosimy o przesłanie nazwy i adresu firmy, numeru telefonu, danych osoby zamawiającej na adres:

- **Pneumatyka Sp. z o.o. ul. Mickiewicza 66 41-807 Zabrze**

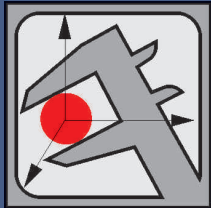
- lub elektronicznie pisząc na adres [prenumerata@pneumatyka.com](mailto:prenumerata@pneumatyka.com)

(zachęcamy do skorzystania z formularza na stronie <http://magazyn.pneumatyka.com/prenumerata>)

Jeżeli potrzebują Państwo pomocy lub mają jakiegokolwiek pytania to prosimy o kontakt:

[redakcja@pneumatyka.com](mailto:redakcja@pneumatyka.com)

Prenumerata realizowana jest od następnego wydania czasopisma. Istnieje możliwość zamówienia w wersji cyfrowej lub drukowanej (redakcja zastrzega sobie prawo do odmowy przyznania prenumeraty drukowanej).



**\* CENY PROMOCYJNE  
DO 15 CZERWCA**

# CONTROL-TECH

Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej  
oraz Badań Nieniszczących

**25-27 IX 2013, Kielce**

**SZEROKI WYBÓR URZĄDZEŃ NDT**



Patronat medialny:

**meehanik**

**MM** Magazyn Przemysłowy

**PM** Przemysłowy Mechanizm

POMIARY-AUTOMATYKA-ROBOTYKA

**PAR**

**TAM**

TECHNOLOGIA I AUTOMATYZACJA

[www.control-tech.pl](http://www.control-tech.pl)

*Wkrótce otwarcie!*

NOWE CENTRUM KONGRESOWE

**TARGI KIELCE**



# SERWIS BRANŻOWY PNEUMATYKA.com

Ugruntowana pozycja portalu daje Państwu możliwość dotarcia za jego pośrednictwem do osób mających wpływ na proces zakupów produktów z rynku pneumatyki, sterowania i oprzyrządowania.

**SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI:**

[redakcja@pneumatyka.com](mailto:redakcja@pneumatyka.com)

[reklama@pneumatyka.com](mailto:reklama@pneumatyka.com)

## Katalog firm

Nie czekaj! - wejdź na stronę [pneumatyka.com](http://pneumatyka.com) i zapisz swoją firmę do darmowego katalogu.

## Nowości branżowe

## Sprężone powietrze

## Pneumatyka i sterowanie

## Informacje o targach i szkoleniach

## Archiwum kwartalnika **Pneumatyka**

SERWIS BRANŻOWY  
PNEUMATYKA.com

Dodaj swoją firmę do katalogu [dodaj](#) [Home](#) [O Nas](#)

SPRĘŻONE POWIETRZE PNEUMATYKA POMIARY URZĄDZENIA UDT WYDARZENIA

**HAPexpo - targi z napędem na przyszłość!**  
13-15 listopada 2012 [więcej >>](#)

**NEWS** MT-SAMONOŚNY DACH PNEUMATYCZNY

Do fermentora, zbiornika fermentacji wtórnej i zbiornika magazynowego pofermentacyjnego MT-Samonośny dach pneumatyczny zapewnia gazoszczelne pokrycie otwartych zbiorników okrągłych. Całość systemu składa się z dwóch folii wyciętych w formie stożka, leżących jedna nad drugą i specjalnej szyny do mocowania folii. Folia zewnętrzna chroni skutecznie i trwale przed warunkami atmosferycznymi, a folia wewnętrzna służy jako elastyczny zbiornik gazu. W zależności od... [przeczytaj więcej](#)

**Reklama**  
**OBR KIELCE RIUP**  
Profesjonalizm - Kompetencje - Niezawodność

**SPRĘŻARKI SRUBOWE Z FALOWNIKIEM**  
16 07 2012 / Sprężone powietrze  
Mądre rozwiązanie System sprężonego powietrza odpowiadający indywidualnym oczekiwaniom. Zapotrzebowanie na powietrze w układzie zmienia się w ciągu dnia. Dodatkowe wiahania pojawiają się pomiędzy dniami roboczymi a weekendem, porami roku, zmianowym systemem pracy... [przeczytaj więcej](#)

**ALMIG KOMPRESSOREN POLSKA DLA POLSKICH ODLEWNIKÓW**  
12 07 2012 / Konferencje  
1 czerwca 2012 r. na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich odbyło się sympozjum „Sprężone powietrze w nowoczesnej odlewni – energooszczędne wytwarzanie i podstawa współczesnych technologii”. Organizatorami konferencji są ALMIG Kompressoren... [przeczytaj więcej](#)

**UKŁADY STABILIZACJI CIŚNIENIA OSZCZĘDZAJĄ ENERGIĘ I ZAPEWNIĄJĄ JAKOŚĆ SPRĘŻONEGO POWIETRZA.**  
09 07 2012 / Sprężone powietrze  
Wiele zakładów wyłącza swoje stacje sprężarek na noc lub na weekend, aby uniknąć strat sprężonego powietrza, jednakże, decydującą wadą, często podczas okresu... [przeczytaj więcej](#)

**ALMIG Kompressoren Polska dla polskich odlewników**  
12 07 2012

**PNEUMA 2012**  
21 06 2012

**HAPexpo - targi z napędem na przyszłość!**  
13 06 2012

**Driven by efficiency na konferencji Atlas Copco**  
24 05 2012

**Moc wiedzy i technologii na ITM Polska**  
14 05 2012

**easyPairs MAINTENANCE 2012**  
13 05 2012

**Oszczędności energetyczne w instalacjach sprężonego powietrza**  
04 05 2012

**Expochem 2012**  
04 05 2012

**Konferencja „Zwiększenie wydajności systemów produkcji sprężonego powietrza”**  
04 05 2012

**V Targi Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań PNEUMATECON**  
04 05 2012

**KATALOG FIRM**  
pneumatyka, gazy techniczne, sprężone powietrze, pomiar

**KONFERENCJE**

- 10 09 2012 - MSV
- 21 09 2012 - INS
- 25 09 2012 - Międzynarodowe Technologie dla
- 25 09 2012 - CO
- 30 09 2012 - D
- MEBELTECH

**REKLAMA**

**KATALOG**

**MAGAZYN**

**PNEUMATYKA** - magazyn poświęcony pneumatyce oraz przemysłowym systemom sprężonego powietrza.  
Pneumatyka jest czasopismem specjalistycznym, o zasięgu krajowym, ukazującym się od 1996 r. Jako jedyna w Polsce w całości zajmuje się całokształtem zagadnień związanych z tą dziedziną, nie tylko sprężonym...