

Pneumatyka

1(56)2006

DWUMIESIĘCZNIK

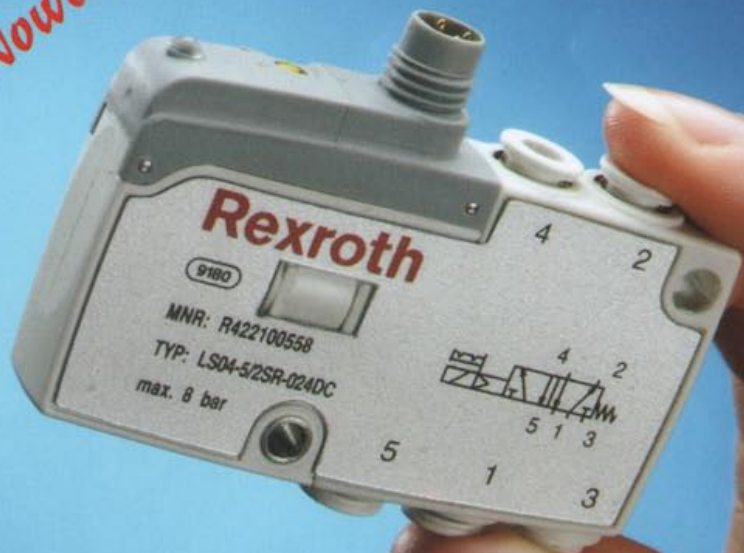
cena 7,50 zł
(w tym VAT 7%)

ISSN 1426-6644

Indeks 337 323

PRZEMYSŁOWE SYSTEMY SPRĘŻONEGO POWIETRZA

Nowość!



Wsypy zaworowe i zawory LS04

Doskonała technika, nowoczesna technologia, elegancki design - to główne cechy wysp zaworowych LS04 firmy Bosch Rexroth. Szczegóły w artykule na stronie 24.

Bosch Rexroth. **The Drive & Control Company**

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

wydawnictwo
LEKTORIUM

Wiecej niż ezektor

Nowe silowniki
Metal Work

Dokręcanie śruby
kosztowej

Sprężarki
dwustopniowe
Ingersoll-Rand

Serwonapęd
elektropneumatyczny

Branża pneumatyczna
województwa:
świętokrzyskie
podkarpackie
warmińsko-mazurskie
lubelskie

Wyspa zaworowa LS04 - str. 24



9 771426 664602

Specjalista od uzdatniania sprężonego powietrza

- Filtry
- Osuszacze adsorpcyjne
- Osuszacze ziębnicze





Technika Przemysłowa Sp. z o.o.

43-100 Tychy
ul. Budowlanych 43
tel.: +48 (32) 326 24 50
fax: +48 (32) 326 24 51
e-mail: laska@laska.com.pl
www.laska.com.pl

Filia Wrocław:
53-234 Wrocław
ul. Grabiszyńska 241 F
tel.: +48 (71) 364 77 70
fax: +48 (71) 364 77 71
e-mail: wroclaw@laska.com.pl

Uszczelnienia Techniczne

Uszczelnienia do zastosowania w hydraulice, pneumatyce oraz innych gałęziach przemysłu w pełnym zakresie typoszeregów.

- Uszczelnienia tłoków i tłoczysk
- Uszczelnienia kompaktowe
- Uszczelnienia wargowe
- Pierścienie zgarniające
- Pierścienie i taśmy prowadzące
- O-ringi
- Pierścienie oporowe
- Uszczelnienia wału (simmerringi, v-ringi)
- Uszczelnienia ślizgowe AE Goetze
- Płyty gumowe
- Sznury gumowe
- Uszczelnienia specjalne

W ofercie posiadamy ok. 40 tys. pozycji z czego 8 tys. w ciągłej sprzedaży.



10 lat „Pneumatyki”

Dziesięć lat w życiu człowieka to bardzo dużo – tyle, co miliard w dziejach Ziemi lub bardzo mało – tyle, co jeden dzień w życiu motyla. A ile to znaczy dla dziedziny, którą się zajmujemy? Sprężone powietrze – niewidzialne, ulotne, choć zarazem niezniszczalne medium, może się wydawać bezduszną przyrodą nieożywioną, ale tylko ludziom, którzy nie mają z nim na co dzień do czynienia.

Kiedy w kwietniu 1996 roku ukazał się pierwszy numer „Pneumatyki”, nie jeden z jej dzisiejszych Czytelników uczęszczał do szkoły podstawowej. Także ówczesni użytkownicy sprężonego powietrza byli wciąż w „podstawówce” techniki sprężania. Samo zaś sprężone powietrze z dzisiejszego punktu widzenia było niedojrzałe i nieokresane. W ciągu minionych dziesięciu lat, kiedy akurat „wracaliśmy” do Europy, także sprężone powietrze ucywilizowało się. Dzisiaj zachowuje się cicho, nie marnotrawi energii, nie wyrzuca szkodliwych wyziewów do otoczenia. Jego bary zapewniają nam bezpieczeństwo, komfort i harmonię z naturą. Zamiast barbarzyńskiego szumu i huku słyszymy inteligentne odgłosy pneumatycznych układów automatyki. Ludzie zajmujący się tą dziedziną przeszli podobną przemianę i ta zgodność nie jest przypadkowa. Sprężone powietrze wyciska z siebie wodę, a w to miejsce wchłania nasze, ludzkie siły życiowe. To nasza energia w nim pulsuje. W jego posykiwaniach słyszymy szepty ludzi, którzy przesycają sprężone powietrze swoją pasją, którzy się od niego uzależnili i oddali mu swoją duszę. Dziesięć, dwadzieścia lat w życiu inżyniera od sprężonego powietrza to megawatogodziny wygenerowanej energii. Bez erupcji energii nie byłyby możliwe takie rzeczy, jak stworzenie niegdyś „Pneumatyki”. Podziwiamy ludzi, którzy potrafią kreować.



Zdzisław Chrapkiewicz
redaktor naczelny

„Pneumatyka” powstała wiosną 1996 roku z inicjatywy pana Romana Breszki.



Pneumatyka

REDAKCJA

Zdzisław Chrapkiewicz
(redaktor naczelny)
Marcin Kluziak
(redaktor techniczny)

Skład:

Wydawnictwo Lektorium

Komitet Naukowo-Techniczny:

prof. nadzw. dr hab. inż.
Łukasz N. Węsierski
prof. dr hab. inż.
Tadeusz Mikulczyński
prof. nadzw. dr hab. inż.
Mariusz Olszewski
prof. dr hab. inż.
Franciszek Siemieniako

ADRES REDAKCJI

ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. (071) 798 59 42
fax: (071)798 59 47
e-mail: pneumatyka@lektorium.pl

WYDAWCA

Wydawnictwo Lektorium
Kierownik Wydawnictwa:
Mariusz Makulski
Dział Prenumeraty:
Elżbieta Stasieńko

ADRES WYDAWCY

Wydawnictwo LEKTORIUM
ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel./fax: (071) 798 59 46

DRUKARNIA

Hector

PRENUMERATA

Warunkiem przyjęcia zamówienia jest otrzymanie potwierdzenia dokonania wpłaty. Należność prosimy wpłacać przelewem lub przekazem pocztowym na konto Wydawnictwa Lektorium Bank Przemysłowo Handlowy PBK SA w Krakowie, III Oddz. we Wrocławiu 95106000760000409910133389

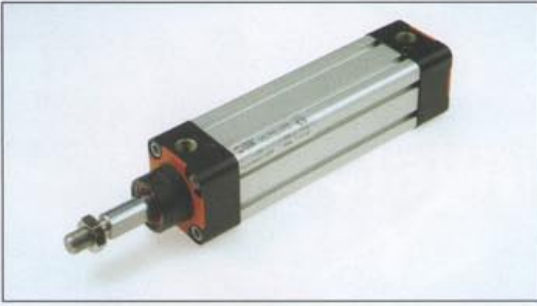
Prenumeratę przyjmują:

Wydawnictwo Lektorium, RUCH SA,
SIGMA-NOT Sp. z o.o., KOLPORTER SA

Zlecenia na ogłoszenia i reklamy prosimy kierować pod adresem wydawcy. Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń, reklam i artykułów sponsorowanych.

W materiałach nadesłanych redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian redakcyjnych. Przedruk tekstów w części lub w całości tylko i wyłącznie za zgodą wydawcy. Artykuły redakcyjne podlegają recenzji.

Nowe siłowniki Metal Work _____	12	Więcej niż eżektor _____	30
---------------------------------	----	--------------------------	----



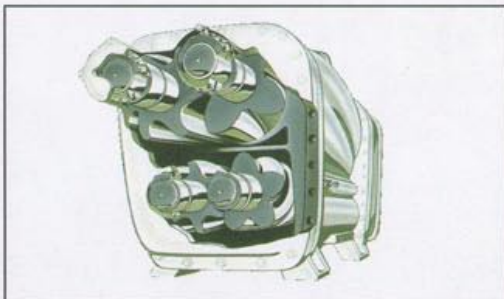
BOGE – Regulujemy bezpośrednio poprzez SLF _____	13
--	----

Dokręcenie śruby kosztowej. Optymalizacja systemu sprężonego powietrza za pomocą „Sigma Air Manager” i „Sigma Air Control” _____	14
---	----

Branża pneumatyczna w Polsce. Województwa lubelskie, świętokrzyskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie _____	16
--	----

Żeby pieniądze nie wyciekały _____	19
------------------------------------	----

Dwustopniowe sprężarki śrubowe Ingersoll-Rand SSR. Ekonomiczne sprężanie przez 24 godziny na dobę _____	22
---	----



Wyspa zaworowa LS04 _____	24
---------------------------	----

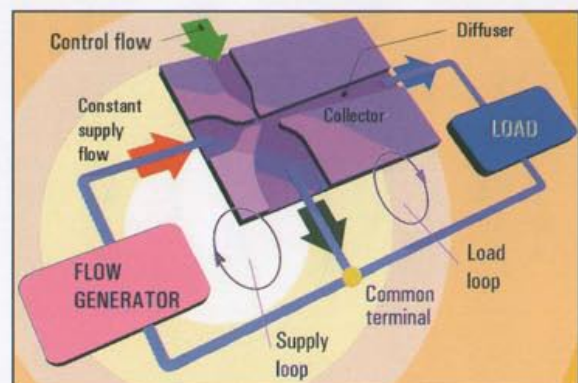
Szybkie prototypowanie układu sterowania rozmytego serwonapędu elektropneumatycznego _____	25
--	----

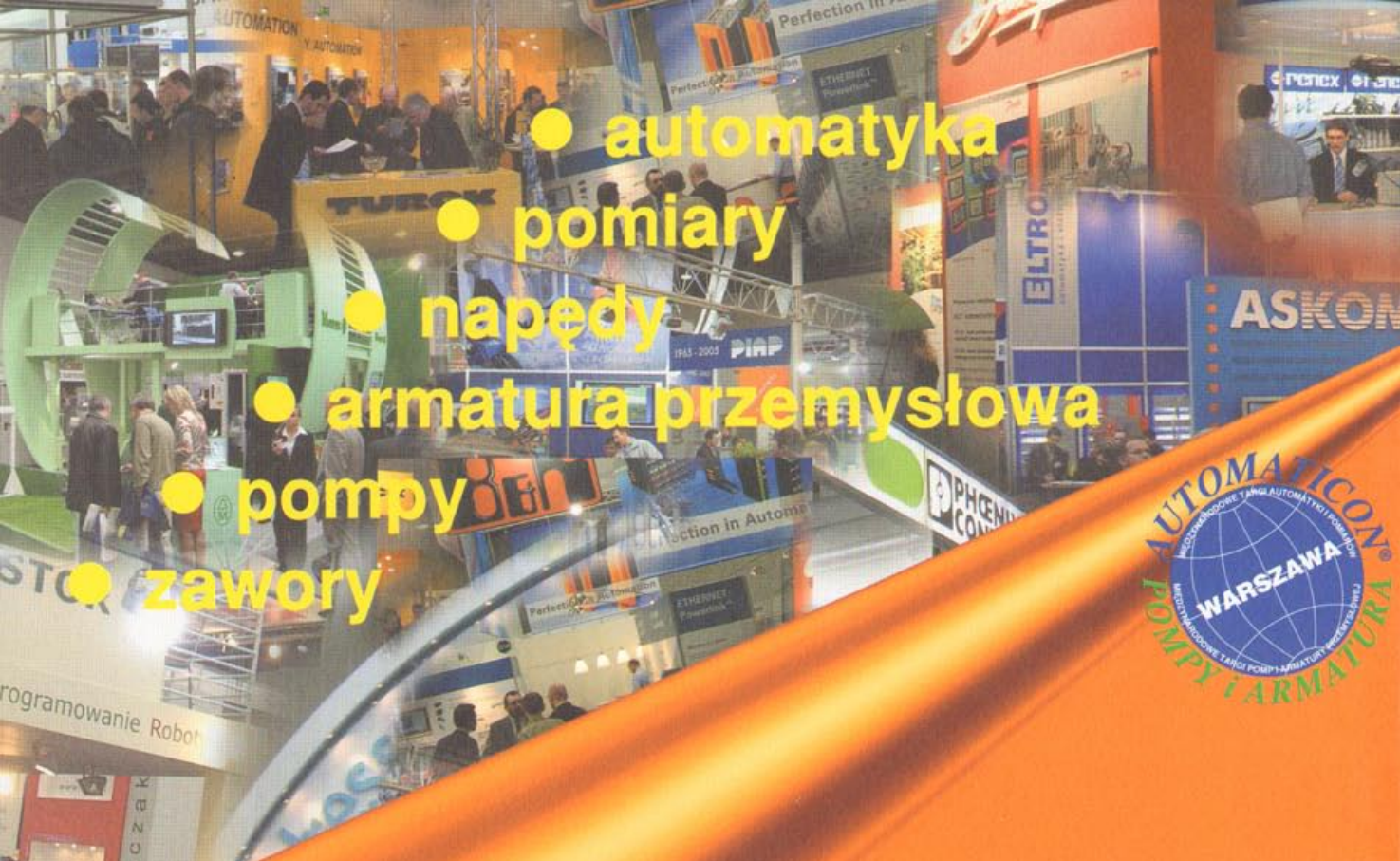


Narodziny systemu w firmie „91 – Plus Huta Szkła Szczakowa” Sp. z o.o. w Jaworznie _____	34
--	----

Wyniki obliczeń numerycznych parametrów termodynamicznych wymiany ciepła i masy w chłodni wentylatorowej _____	36
--	----

No-Moving-Part Microfluidic Devices with operation Assisted or Driven by Pressure action (Urządzenia mikrostrumieniowe o działaniu wspomaganym lub sterowanym ciśnieniowo) _____	39
---	----





- automatyka
- pomiary
- napędy
- armatura przemysłowa
- pompy
- zawory



21-24 marca 2006 WARSZAWA

Organizatorzy targów



Biuro targów
Al. Jerozolimskie 202, 02-486 Warszawa
tel. 022 874 01 50, 022 874 02 30, fax 022 874 01 49
e-mail: targi@automaticon.pl
www.automaticon.pl

ul. Prądzyńskiego 12/14
EXPO XXI
godz. otwarcia 9⁰⁰-17⁰⁰
piątek do 15⁰⁰

Zapraszamy na targi

AUTOMATICON® 2006

XII Międzynarodowe Targi Automatyki i Pomiarów

POMPY i ARMATURA 2006

VII Międzynarodowe Targi Pomp i Armatury Przemysłowej

Patronat prasowy

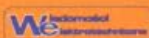


*napędy
i sterowanie*



Patronat internetowy

automatyka.pl



AIRPRESS

kompleksowe wyposażenie
firm i zakładów produkcyjnych
w systemy oczyszczania i wytwarzania
sprężonego powietrza

www.airpress.pl



nasza oferta:

- » sprężarki śrubowe,
- » sprężarki tłokowe,
- » sprężarki specjalistyczne,
- » systemy oczyszczania sprężonego powietrza (osuszacze, filtry, mikrofiltry itp.),
- » reduktory, naoliwiacze, szybkozłącza, redukcje, węże,
- » narzędzia pneumatyczne,
- » projektowanie i montaż profesjonalnych sieci pneumatycznych.

Autoryzowani dystrybutorzy
AIRPRESS w Polsce:



FRIPOL

86-100 Świecie, Włag 108 A
tel. (052) 331 25 88, fax (052) 331 20 43
e-mail: fripol@airpress.pl
05-092 Warszawa - Łomianki
ul. Kolejowa 42
tel./fax (022) 751 61 63, tel. (022) 751 12 34
e-mail: fripol2@airpress.pl

PNEUMAPOL

62-081 Poznań - Przeźmierowo
ul. Rynkowa 156
tel./fax (061) 652 57 00
e-mail: pneumapol@airpress.pl
71-682 Szczecin
ul. Goliszka 10 (p. 114)
tel./fax (091) 487 06 71

THERMONT

62-081 Poznań - Przeźmierowo
ul. Naftowa 2
tel. (068) 453 04 84
e-mail: biuro@thermont.pl



**Najwyższa jakość
powietrza pod kontrolą!**

PIAB

Innovators in
Vacuum Technology



**NOWOCZESNE I NIEZAWODNE
AKCESORIA PRÓŻNIOWE
POMPY, PRZYSSAWKI**

Bovin

Bovin Sp. z o.o. 81-327 Gdynia, ul. Wolności 20
tel./fax: 0-58 621-98-24, 0-58 621-99-64
BOVIN - Południe: 0 502-422-300, e-mail: piab@bovin.com.pl

www.bovin.com.pl

INWET

Przedsiębiorstwo Wdrażania Innowacji
Spółka Akcyjna



**PODAJNIKI I PRZESIEWACZE
WIBRACYJNE**

Nasza oferta obejmuje również:
PULSATORY PNEUMATYCZNE,
WIBRATORY PRZEMYSŁOWE I
SYSTEMY AERACYJNE

PL 41 - 500 Chorzów, ul. Zgrzebnicka 5
tel. 032 241 1309 fax 032 247 4894 kom. 601 701 188
<http://www.inwet.chorzow.pl>, e-mail: inwet@inwet.chorzow.pl



BOGE
KOMPRESSOREN

JAKOŚĆ KTÓRA PRZEBIJA

- Sprężarki śrubowe o wydajnościach od 0,2 do 50,0 m³/min i ciśnieniach do 13 bar
- Sprężarki tłokowe o wydajnościach od 125 do 6200 l/min i ciśnieniach do 35 bar
- Oczyszczanie sprężonego powietrza,
- Kompleksowy montaż

Centrala:
PNEUMATIK SA
Wysogotowo
ul. Kamienna 28
62-081 Przeźmierowo
tel. (061) 816 12 46, 816 12 55
fax (061) 816 17 71
e-mail: info@pneumatik.com.pl
Internet: www.pneumatik.com.pl

Oddziały:
Częstochowa (034) 322 06 26
Jarosław (016) 624 22 60
Serwis 24 h: 0 605 44 55 55

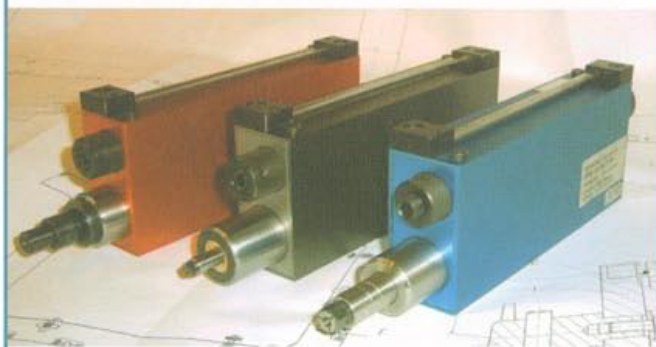
Oficjalny przedstawiciel firmy BOGE KOMPRESSOREN



Wiertarki pneumatyczne z samoczynnym posuwem
Średnica otworów do 16 mm (mięka stal)
Obroty 100/min – 100 000/min

pneumatic self-feed-drills
drilling capacity up to 16 mm (mild steel)
speeds from 100 – 100 000 rpm

www.bohreinheiten.de



GmbH & Co. KG
Anpastrasse 32
D-59394 Nordkirchen
tel. 0049-2596-9708-0
fax 0049-2596-9708-30

Sehrbrock
Montagetechnik



AUTOMATICON 2006
hala II,
stoisko K9



Testo 6440
Miernik ilości sprężonego powietrza
[Nm³/h, NI/min, Nm³]



Testo 6740
Przetwornik ciśnieniowego punktu rosy
[°C_{td}, %RH, ppm, °C]



Testo 635
Przenośny miernik ciśnieniowego punktu rosy
[°C, %RH, °C_{td}]



Testo 435
Miernik wielofunkcyjny do pomiaru parametrów mikroklimatu
[°C, %RH, m/s, m³/h, hPa, ppmCO₂, lux]

Testo Sp. z o.o.
ul. Czerwieńska 130
02-456 Warszawa
Tel.: (022) 863-74-01
Fax: (022) 863-74-15
E-mail: testo@testo.com.pl

AKTUALNOŚCI

Nowy elektroniczny regulator proporcjonalny MPT 40



Na początku 2006 roku Parker wprowadził na rynek nowy elektroniczny regulator proporcjonalny MPT 40. Należy on do grupy produktów Moduflex. Został zaprojektowany dla regulowania i utrzymywania na stałym poziomie ciśnienia wyjściowego szybko i dokładnie, niezależnie od wielkości przepływu. Jest on programowany poprzez łatwe w użyciu oprogramowanie. Wszechstronność produktu pozwala używać go we wszelkich zastosowaniach wymagających dokładnej, zdalnej regulacji ciśnienia. Może być stosowany w wytwórniach papieru, zakładach tkackich, przy cięciu laserem czy malowaniu natryskowym.

W regulatorze wykorzystano sprzężenie zwrotne – istotne dla precyzyjnej regulacji. Produkt wyłapuje wszelkie rozbieżności pomiędzy ciśnieniem zadanym a występującym w układzie i tak ustawia te ostatnie, by było zgodne z wartością zadaną. Proces ten jest ciągły i zapewnia szybką, dokładną kontrolę ciśnienia.

Szczegółowe dane techniczne dostępne są w firmie Parker.

Producent Siłowników Pneumatycznych



Wykonujemy siłowniki:

- ISO 6431
 - Mini ISO 6432
 - Kompaktowe
 - Z zabezpieczeniem przed obrotem
 - Ze stali nierdzewnej INOX
- Siłownik ISO6431 ϕ 32 o skoku 100 mm
Cena: 178,25

ZORIN

Kompletny cennik siłowników można zamówić wysyłając e-mail na adres:

sklep@zorin.pl

Ponadto oferujemy pełen asortyment elementów pneumatycznych

ZORIN Sp. z o.o.
62-069 Gołuski k/Poznań
ul. Dopiewska 2
tel/fax: (061) 814 31 33



J.P. SAUER & SOHN

MASCHINENBAU GMBH



30 bar 35 bar 40 bar 70 bar 100 bar 150 bar 200 bar 250 bar 350 bar



do 350 bar

sprężarki wysokiego ciśnienia

WARSZAWA

PPHU Kompres Sp. z o.o.
ul. Krzysztofa Kolumba 22
02-288 Warszawa
tel./fax: (+48 22) 868 00 33, 846 62 54
kompress@kompress.com.pl

POZNAŃ

ul. Strzeszyńska 33
60-479 Poznań
tel./fax: (0 61) 656 70 22, 0 601 177 355

WROCLAW

ul. Olszewskiego 23B-3
51-642 Wrocław
tel./fax: (0 71) 348 32 91, 0 607 084 154

Serwis 24 godziny na dobę:
tel./fax: (+48 22) 846 62 54
tel. kom: 0 601 303 804

www.kompress.com.pl

Parker Lucifer anonsuje nowe zawory do napędów pneumatycznych o wyjątkowo dużych przepływach (1/2" – 3000 l/min)!



**Zapraszamy na Targi
Automaticon
stoisko A 27, hala 1**

Parker Lucifer producent szerokiej gamy elektrozaworów używanych w różnych gałęziach przemysłu od niedawna oferuje nowe zawory stosowane do napędów pneumatycznych w wersji NAMUR 3/2,5/2, charakteryzujące się wyjątkowo dużymi przepływami.

Zawory dostępne są w dwóch wielkościach przyłączy:

- 1/4" z przepływem 1250 l/min
- 1/2" z przepływem 3000 l/min!!!

Oprócz dużych przepływów zawory charakteryzują się:

- kompaktową budową,
- dużą trwałością
- (duża liczba przełączeń),
- wysoką jakością.

Do swoich zaworów Lucifer oferuje różnorodną gamę cewek łącznic z najnowszej generacji cewkami w wersji EEx (EEx dm IIC T4, T5, T6 i EEx ia IIC T6).

Parker Hannifin Sp. z o.o.

ul. Równoległa 8, 02-235 Warszawa
tel. 022 573 24 00, fax 022 573 24 03
e-mail: warszawa@parker.com, www.parker.pl

Parker
anything possible

Instalacja pneumatyczna INFINITY – Produktem Roku 2005

System instalacji z aluminium Infinity został uznany przez czytelników „Inżynierii & Utrzymania ruchu” Produktem Roku 2005. 7 lutego prezes Pneumat System Bożena Pachura odebrała

montażu, instalacje z PP odkształcają się pod wpływem zmian temperatur, wymagają specjalnego sprzętu do zgrzewania oraz są mało odporne na uszkodzenia mechaniczne.

System INFINITY składa się z precyzyjnych rur aluminiowych oraz pełnego asortymentu szybkozłączy i uchwytów do ich montażu. Szczególną



statuetkę podczas uroczystej gali w wieżowcu Millenium Plaza w Warszawie.

Na czym polega wyjątkowość INFINITY?

Dotychczas stosowane technologie budowy instalacji sprężonego powie-

cechą systemu INFINITY jest łatwość montażu – rurę po skróceniu na właściwy wymiar wystarczy wstkać w szybkozłązkę i przykręcić do ściany przy pomocy szerokiej gamy uchwytów. Wg naszych obliczeń dzięki szybkiemu i prostemu montażowi



trza mają liczne wady: instalacje stalowe korodują i są skomplikowane w

oszczędności na „robociźnie” sięgają powyżej 30%!!!

Istotną cechą poprawiającą komfort użytkownika instalacji jest opatentowany rodzaj trójników – zejść do odbiorników sprężonego powietrza. W systemie INFINITY w trójniku następuje rozdzielenie sprężonego powietrza od kondensatu często skraplającego się w rurociągach powietrznych. Rozwiązanie to znacznie poprawia jakość sprężonego powietrza, obniżając równocześnie ryzyko uszkodzenia odbiorników pneumatycznych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku lakierni, wypalarek plazmowych oraz skomplikowanych automatów pneumatycznych.

System INFINITY składa się z rur o zakresach średnic od 25 do 63mm. Więcej na www.pneumat.com.pl

30 lat CPP PREMA

Centrum Produkcje Pneumatyki PREMASA w 2006 roku obchodzić będzie 30-sto lecie prowadzenia działalności. Historia firmy zaczyna się od przejścia w roku 1976 licencyjnej produkcji elementów pneumatyki francuskiej firmy CPOAC. Pierwsze lata upłynęły na doskonaleniu procesu produkcyjnego oraz na dostosowaniu dokumentacji techniczno-technologicznej do Polskich Norm i krajowych materiałów. Prace te zostały zakończone dużym sukcesem, czego dowodem była znaczna modernizacja wyrobów oryginalnych oraz wprowadzenie wielu udoskonaleń. Pozwoliło to na nabycie doświadczenia w projektowaniu elementów pneumatyki, otwierającego drogę późniejszym sukcesom na rynku. W oparciu o wykwalifikowaną kadrę, po 1990 roku, nastąpił dynamiczny rozwój firmy. Musiała ona sprostać nowym warunkom konkurencji i otwarcia się rynku polskiego na wyroby zagraniczne przy jednoczesnym załamaniu dotychczasowych zagranicznych rynków zbytu. Firma inwestowała w rozwój własnych rozwiązań nowoczesnych elementów, w system wspomagania komputerowego przy projektowaniu i wytwarzaniu (CAD/CAM), infrastrukturę oraz oczywiście w wykwalifikowany personel. Jako zadanie priorytetowe traktowano doskonalenie jakości i dostosowanie się do wzrastających potrzeb klientów. Doprowadziło to do uruchomienia produkcji min. nowych zawo-

rów małogabarytowych ZMG, bloków i elementów przygotowania powietrza G 1, a przede wszystkim nowoczesnych siłowników pneumatycznych wraz z elementami mocującymi, zgodnych z międzynarodowymi standardami ISO. Siłowniki te są dostosowane do współpracy z elektronicznymi czujnikami położenia tłoka i reprezentują najwyższy światowy poziom jakości. Firma prowadziła w tym czasie aktywną działalność marketingową i promocyjną, czego efektem było zdobycie dwukrotnie Złotego Medalu Międzynarodowych Targów Poznańskich. Działania te pozwoliły na utrzymanie się na rynku oraz ciągłe pozyskiwanie nowych klientów. W sferze ekonomicznej uzyskano dużą stabilność finansową, w dobie kiedy wiele innych firm krajowych zostało postawionych w stan upadłości.

Obecnie Firma kontynuuje tradycje polskiej pneumatyki będąc największym krajowym producentem w tej branży. Zbudowano sieć dystrybucji opartą o Przedstawicieli Handlowych oraz własne Sklepy Firmowe. Firma uzyskała tytuł „Przedsiębiorstwo FAIRPLAY”, znaleźliśmy się również w prestiżowym gronie laureatów konkursu gazety Puls Biznesu „Gazeta Biznesu”, znani jesteśmy z działań w środowisku lokalnym, współpracujemy z Jednostkami Badawczymi i uczelniami wyższymi, chętnie zatrudniając absolwentów oraz umożliwiając odbywanie stażu i praktyk zawodowych.

CPP PREMA S.A. posiada, certyfikowany przez TÜV – Niemcy, System Zrządzenia

Jakością ISO 9001:2000. Firma zatrudnia obecnie około 200 pracowników, osiąga godziwe zyski i inwestuje w nowoczesne rozwiązania techniczne oraz w szkolenia personelu. Bardzo ważną pozycją w planach inwestycyjnych są zakupy nowoczesnych i precyzyjnych obrabiarek sterowanych numerycznie (CNC). Pozwala to na dalszą modernizację wyrobów oraz nowe uruchomienia (min. siłowniki kompaktowe ISO, siłowniki udarowe, zawory rozdzielające G1/2, zawory ISO ZE). Przyszłość Firmy rysuje się optymistycznie, a nadzieje na dalszy rozwój związane są z planowaną na 2006 rok prywatyzacją przedsiębiorstwa.

legris connectic

Gdziekolwiek
jest ciśnienie,
tam jest LEGRIS



Oferta firmy Legris obejmuje również szeroki gamę komponentów hydrauliczki siłowej

Więcej informacji na stronie
www.legris.pl

legris A DIVISION OF GROUP LEGRIS INDUSTRIES

LEGRIS POLAND Sp. z o.o.
ul. Duchnicka 3
01-796 Warszawa
tel: 48 22 560 27 01 - fax 48 22 663 43 61

Nowe siłowniki Metal Work

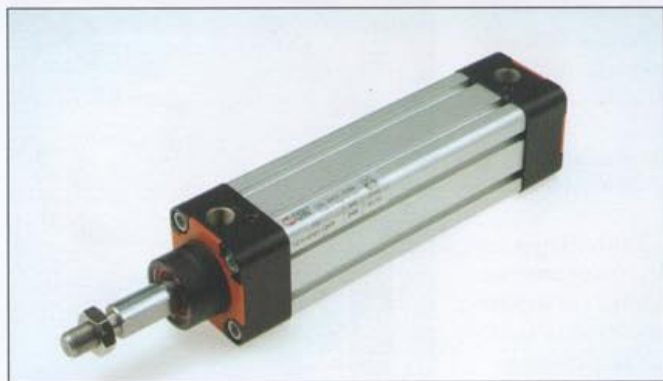
Firma Metal Work Polska z przyjemnością informuje o zakończeniu prac i wdrożeniu do produkcji następujących siłowników:

- siłowniki serii TF
- siłowniki beztłoczkowe z prowadzeniem ślizgowym
- siłowniki wahadłowe R3 z zewnętrznymi amortyzatorami hydraulicznymi.

Naszym celem było stworzenie rozwiązań użytecznych, niezawodnych i przyjaznych w eksploatacji. Mamy nadzieję, że szersze możliwości techniczne pozwolą Państwu na swobodne wdrażanie nowych technologii w codziennej pracy.

Siłowniki serii TF

Są to siłowniki o owalnym kształcie tłoczyska, które współpracując z łożyskiem ślizgowym pokrywy przedniej, zabezpieczają umocowany przedmiot przed obrotem. Jest to rozwiązanie pośrednie pomiędzy siłownikami standardowymi a siłownikami z jednostką prowadzącą, do zastosowań



wań wymagających jedynie zabezpieczenia tłoczyska przed obrotem.

Owalny kształt tłoczyska zapewnia długą żywotność oraz szczelność pokrywy przedniej.

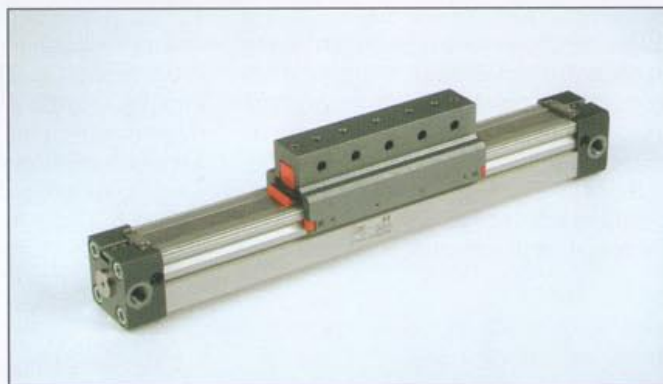
Siłowniki serii TF są zgodne ze standardami ISO 6431 VDMA oraz ISO 15552.

Dostępne w średnicach od $\phi 32$ do $\phi 63$ mm, z maksymalną długością skoku od 300 do 500 mm (w zależności od średnicy).

Siłowniki beztłoczkowe z prowadzeniem ślizgowym

Dostępne dotychczas wielkości siłowników beztłoczkowych z prowadzeniem ślizgowym zostały uzupełnione o średnice $\phi 32$ oraz $\phi 40$ mm.

Obecnie Metal Work posiada kompletny program siłowników beztłoczkowych w trzech podstawowych wersjach:

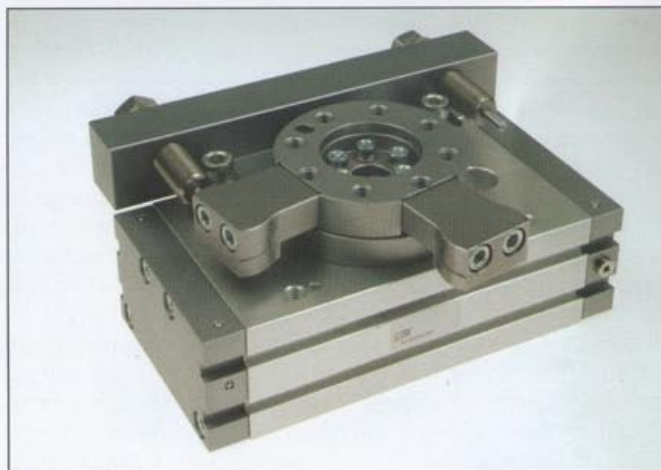


- siłowniki beztłoczkowe bez prowadzenia
- siłowniki beztłoczkowe z prowadzeniem ślizgowym
- siłowniki beztłoczkowe z prowadzeniem tocznym.

Siłowniki wahadłowe R3 z zewnętrznymi amortyzatorami hydraulicznymi

W porównaniu z wersją podstawową R3, przeniesiono miejsce zamocowania amortyzatorów hydraulicznych z przedniej pokrywy na zewnątrz siłownika.

Większa odległość umocowania amortyzatorów w stosunku do osi obrotu zwiększyła ramię oddziaływania energii kinetycznej w krańcowych położeniach tłoka. Rozwiązanie to umożliwiło ponad 4-krotne zwiększenie dopuszczalnych obciążeń.



Dodatkowymi zaletami nowego rozwiązania są mniejsze wymiary gabarytowe (długość) oraz zmniejszenie obciążeń zębniaka i przez to wydłużenie żywotności napędu.

Celem uzyskania dokładniejszych informacji o przedstawionych powyżej produktach prosimy o kontakt z Metal Work Polska.

Artykuł promocyjny
Metal Work Polska

BOGE – regulujemy bezpośrednio poprzez SLF

Duże wydajności, szeroki zakres regulacji i do tego możliwość elastycznego ustawiania ciśnienia maksymalnego.

W modelach sprężarek SLF wydajność i liczba obrotów silnika równocześnie dopasowują się do zapotrzebowania, gdyż bezpośredni napęd z zastosowaniem przetwornika częstotliwości nie jest ustawiony na stałą liczbę obrotów. Stopień śrubowy pracuje w optymalnym zakresie i wytwarza tylko tyle sprężonego powietrza, ile jest potrzebne w danym momencie. Koszty biegu jałowego i cykli łączeniowych zostają wyeliminowane. Jednocześnie można ustawić stałe pasmo niskiego ciśnienia, co dodatkowo pozwala zaoszczędzić energię.

Szczególne zalety

Elastyczna regulacja liczby obrotów stopnia śrubowego pozwala na dopasowanie również ciśnienia! W modelach SLF po raz pierwszy możliwe jest to, że zmiana wartości ciśnienia powoduje automatyczną synchronizację wydajności. Takim sposobem maszyna 13-barowa może stać się maszyną 8-barową o odpowiednio wyższej wydajności – bez konieczności ponoszenia niepotrzebnych kosztów przebudowy sprężarki.

Artykuł promocyjny
Pneumatik SA



Fot. 1 Model SLF 30/40

Modele SLF 30/40

- zakres mocy 22–30 kW
- ciśnienie max. 5–13 bar
- wydajność 1-5 m³/min
- model SLDF z wbudowanym osuszaczem



www.pneumatik.com.pl

Dokręcanie śruby kosztowej

Optymalizacja systemu sprężonego powietrza za pomocą „Sigma Air Manager” i „Sigma Air Control”

Na potrzeby wytwarzania sprężonego powietrza zużywa się w Europie rocznie około 80 miliardów kWh. Około 33% tej ogromnej ilości energii można by zaoszczędzić w wyniku optymalizacji systemów sprężonego powietrza. Innowacyjne układy sterowania „Sigma Air Manager” i „Sigma Air Control” pomagają użytkownikom w wykorzystaniu tego potencjału oszczędnościowego.

Ile właściwie kosztuje metr sześcienny sprężonego powietrza? Nie można w sposób prosty ani też ogólny odpowiedzieć na to pytanie. Konieczna jest do tego znajomość faktycznego poziomu zużycia sprężonego powietrza całego zakładu, poziomu ciśnienia wymaganego przez poszczególne odbiory, wymaganej jakości sprężonego powietrza oraz kosztów energii i kosztów kapitałowych. Warunkiem optymalizacji systemu sprężonego powietrza przy założeniu celu, jakim jest poczynienie znacznych oszczędności energetycznych i kosztowych, jest gruntowna analiza wykorzystania sprężonego powietrza oferowana przez firmę KAESER pod nazwą ADA (Analyse der Druckluft-Auslastung). W celu zagwarantowania długoterminowego efektu oszczędnościowego konieczne jest jednak coś więcej, niż tylko jednorazowa analiza oraz wynikające z niej planowanie lub modernizacja instalacji sprężonego powietrza.

Elastyczne zarządzanie sprężonym powietrzem powoduje redukcję kosztów

W zależności od stopnia wykorzystania maszyn produkcyjnych możemy mieć do czynienia ze znacznymi wahaniami zapotrzebowania na sprężone powietrze nawet w ciągu jednego dnia roboczego. Przedsiębiorstwa, które chcą w tych warunkach uzyskać oszczędności kosztów sprężonego

powietrza, powinny dążyć do osiągnięcia optymalnego współdziałania sprężarek oraz wszystkich innych elementów stacji sprężonego powietrza. Rozwiązanie problemu stanowi „Sigma Air Manager”, będący pierwszym układem zarządzania sprężonym powietrzem wykorzystującym technikę Internetu, zawierającym w sobie sterowanie nadrzędne i serwer sieciowy. System ten optymalizuje eksploatację sprężarek i minimalizuje ich zapotrzebowanie na energię poprzez automatyczny wybór najlepszej w danym momencie konfiguracji sprężarek, minimalizację biegów jałowych oraz obniżenie maksymalnego ciśnienia. Do redukcji ciśnienia „Sigma Air Manager” posługuje się nowoczesnym sterowaniem tasmowym, będącym w stanie zarządzać zespołem do 16 sprężarek z minimalnymi wahaniami ciśnienia w wysokości zaledwie +/- 0,1 bara.

Bieżąca optymalizacja gwarantując skuteczności oszczędzania

W dzisiejszych warunkach ekonomicznych możemy mieć praktycznie z dnia na dzień do czynienia z nowymi wymaganiami odnośnie zasilania w sprężone powietrze. Wydajny system zarządzania sprężonym powietrzem powinien zatem gwarantować możliwość szybkiego i nie pociągającego większych nakładów dopasowania wydajności stacji sprężarek do zmieniającego się zapotrzebowania. Również w nowych warunkach musi zapewnić optymalne pod względem ekonomicznym wytwarzanie sprężonego powietrza. Oferowane wyposażenie specjalne „Sigma Air Control plus” jest długoterminowym narzędziem analitycznym, z którego można korzystać bez specjalnego oprogramowania za pomocą każdego komputera z podłączeniem do Internetu, wyposażonego w dowolną internetową przeglądarkę. „Sigma Air Control plus” oferuje, podobnie jak produkowana seryjnie wersja podstawowa „Sigma Air Control”, chroniony



hasłem podgląd stanu pracy sprężarek w danym momencie, wykaz wahań ciśnienia w ostatniej fazie eksploatacji lub wskazówki odnośnie konserwacji i awarii. Generowane przez „Sigma Air Control plus” strony w układzie HTML pozwalają również na uzyskanie dostępu do wielkiej ilości danych zapisywanych w pamięci długookresowej „Sigma Air Manager” oraz graficzną prezentację tych informacji. I tak możliwe jest prześledzenie przebiegów z obciążeniem i przebiegów jałowych, ciśnienia w sieci, zużycia energii elektrycznej oraz wykorzystania sprężarek przez okres jednego roku wstecz i oceny tych danych z różnych perspektyw. Stwarza to najlepsze warunki do nadzorowania, eksploatacji i efektywnej kontroli kosztów stacji sprężarek.

Z rozwiązaniami pozwalającymi na oszczędności kosztów: „Sigma Air Manager” i „Sigma Air Control plus” – można zapoznać się na forum technologicznym firmy KAESER KOMPRESSOREN (www.kaeser.com).

Artykuł promocyjny
Kaeser Kompressoren



Powietrze. Na całym świecie.

**Gardner
Denver**



Najbardziej profesjonalni
Wszyscy tak mówią. Tylko my udowadniamy.

Gardner Denver Wittig GmbH
Johann-Sutter-Strasse 6+8
D-79850 Schopfheim
Tel. +49 76 22 394-138
Fax +49 76 22 394-137
wittig.industry@eu.gardnerdenver.com

In-Tech
Andrzej M. Araszkiewicz
01-652 Warszawa
ul. Potocka 4/1
tel./fax (022) 833 35 31
e-mail: intech@intech.waw.pl
www.intech.waw.pl

Oddział Polska Północ
kom. +48 501 316 906
e-mail: intech.pn@intech.waw.pl

Oddział Polska Południe
kom. +48 509 672 534
e-mail: intech.pd@intech.waw.pl



Zwijacz węży serii 882

Dostępny w zakresie:
- 6 mm (1/4") do 10 mm (3/8")
- dł. węży 6 m - 12 m



Zwijacz węży serii 884

Przeznaczony dla ciężkich lub
długich węży.
Dostępny w zakresie:
- 12,5 mm (1/2") do 25 mm (1")
- dł. węży 10 m - 30 m



Nederman

IMPROVING YOUR WORKSPACE

Zwijacz węży serii 889

Dostępny w zakresie:
- 10 mm (3/8")
do 12,5 mm (1/2")
- dł. węży 10 m - 20 m



Nederman

Nederman Polska Sp. z o.o.
40-384 Katowice, ul. Ks. Bpa Bednorza 2a-6
tel. (032) 201 97 92; fax (032) 201 83 24
e-mail: info@nederman.pl; www.nederman.pl

Branża pneumatyczna w Polsce:

województwa lubelskie, świętokrzyskie, podlaskie i warmińsko-mazurskie

Przestawiamy kolejne regiony Polski. Materiał ten podobnie jak poprzednie, został opracowany na podstawie dostępnych nam źródeł informacji oraz dzięki współpracy z Państwem. Wszystkim firmom zamieszczonym w zestawieniu dziękujemy za pomoc. W zestawieniu uwzględniono zarówno firmy małe, jak i i duże, wąsko specjalizowane i ogólnohandlowe, dostawców bezpośrednich i pośredników. Niektóre większe firmy obsługują dany region zamiejscowo, co oznaczono gwiazdką (*).

* oznacza obsługę regionu przez centralę, oddział lub przedstawiciela z siedzibą w innym regionie.

WOJEWÓDZTWO LUBELSKIE								
Lp.	Firma	Adres	Podstawowy zakres działalności					
			sprężarki	dmuchawy	uzdatnianie sprężonego powietrza	narzędzia pneumatyczne	siłowniki, zawory	elementy instalacji pneumatycznych
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	ATLAS COPCO Polska Sp. z o.o. (centrala)	*al. Krakowska 61A, Sękocin Nowy 05-090 Raszyn	x	x	x		x	
2.	CONNECT s.c.	ul. Miła 7, 20-104 Lublin	x		x	x	x	x
3.	DELTA TECHNIKA Sp. z o.o.	al. Spółdzielczości Pracy 3, 20-147 Lublin	x		x	x	x	x
4.	DP INSTALATION	ul. Inżynierska 5, 20-484 Lublin	x				x	
5.	FESTO Sp. z o.o. (oddział)	ul. Czechowska 4, 20-072 Lublin			x		x	x
6.	INGERSOLL RAND Technical and Services	*ul. Nowiniarska 1 m.1, 00-235 Warszawa	x		x	x		x
7.	KAESER KOMPRESSOREN Sp. z o.o. (centrala)	*ul. Taneczna 82, 02-829 Warszawa	x	x	x			
8.	Profesjonalne Usługi Techniczne (przedstawiciel firmy Ingersoll)	*ul. Bukowa 2, 32-087 Zielonki	x		x	x		x
9.	TRANSTOOLS Sp. z o.o.	ul. Gospodarcza 29, 20-211 Lublin				x		
WOJEWÓDZTWO ŚWIĘTOKRZYSKIE								
1.	ATLAS COPCO Polska Sp. z o.o. (centrala)	*al. Krakowska 61A, Sękocin Nowy 05-090 Raszyn	x	x	x		x	
2.	CPP „PREMA” S.A.	ul. Wapiennikowa 90, 25-101 Kielce					x	x
3.	INGERSOLL RAND Technical and Services	*ul. Nowiniarska 1 m.1, 00-235 Warszawa	x		x	x		x
4.	KAESER KOMPRESSOREN Sp. z o.o. (oddział)	*ul. Wyżynna 2, 30-617 Kraków	x	x	x			x
5.	MIX Sp. j.	ul. Żwirowa 1, 25-042 Kielce	x		x	x		
6.	Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Elementów i Układów Pneumatyki	ul. Wapiennikowa 90, 25-101 Kielce			x		x	x
7.	PHUP BEST PNEUMATIC	ul. Urzędnicza 16, 25-729 Kielce	x		x	x	x	x
8.	Profesjonalne Usługi Techniczne (Przedstawiciel firmy Ingersoll)	*ul. Bukowa 2, 32-087 Zielonki	x		x	x		x
9.	PTH VANAX	ul. Dębowa 7, 25-539 Kielce		x	x		x	

WOJEWÓDZTWO PODLASKIE

Lp.	Firma	Adres	Podstawowy zakres działalności					
			sprężarki	dmuchawy	uzdatnianie sprężonego powietrza	narzędzia pneumatyczne	silowniki, zawory	elementy instalacji pneumatycznych
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	ATLAS COPCO Polska Sp. z o.o. (centrala)	*al. Krakowska 61 A, Sękocin Nowy, 05-090 Raszyn	x	x	x			x
2.	INGERSOLL RAND Technical and Services	*ul. Nowiniarska 1 m.1, 00-235 Warszawa	x		x	x	x	
3.	KAESER KOMPRESSOREN Sp. z o.o. (centrala)	*ul. Taneczna 82, 02-829 Warszawa	x	x	x			x
4.	MAGMA S.A.P.	ul. Kolejowa 6, 19-200 Grajewo						x
5.	MOTIR-ABS NIEWIADOMSCY Sp. j.	ul. Węgrowa 4, 08-300 Sokółów Podlaski	x			x	x	x
6.	PW MARTECH (oddział)	ul. Handlowa 1, 15-399 Białystok	x				x	x
7.	Tema Sp. z o.o.	ul. Artyleryjska 8, 15-875 Białystok					x	x
8.	T-MATIC GRUPA COMPUTER PLUS Sp. z o.o. (przedstawiciel Festo)	ul. Waszyngtona 23, 15-304 Białystok			x	x	x	x
9.	WIMTEC Sp. z o.o. (przedstawiciel firmy Ingersoll)	*ul. Żelazna 67/62, 00-871 Warszawa	x		x	x		x

WOJEWÓDZTWO WARMIŃSKO-MAZURSKIE

1.	„AB”	ul. I Dywizji 64, 10-069 Olsztyn	x		x	x		x
2.	ATLAS COPCO POLSKA Sp. z o.o. (centrala)	*al. Krakowska 61 A, Sękocin Nowy, 05-090 Raszyn	x	x	x			x
3.	D.U.H. „TADEK”	ul. Podgórna 2, 10-686 Olsztyn	x		x	x		x
4.	EKO-TECH	al. Wojska Polskiego 30 A, 10-229 Olsztyn	x		x	x		x
5.	ELMARK Sp. j. JĘDRZEJEWSKA	ul. Lubelska 43 A, 10-410 Olsztyn			x		x	
6.	INGERSOLL RAND Technical and Services	*ul. Nowiniarska 1 m.1, 00-235 Warszawa	x		x	x	x	
7.	KAESER KOMPRESSOREN Sp. z o.o. (oddział)	*ul. Astronomów 5, 80-299 Gdańsk	x	x	x			x
8.	MARTECH	ul. Lubelska 36, 10-408 Olsztyn	x				x	x
9.	MGM PNEUMATYKA	ul. Wyszyńskiego 5, 14-200 Iława			x	x	x	
10.	Przedsiębiorstwo Handlowe „IBEMATIC”	ul. Abramowskiego 84, 10-241 Olsztyn					x	
11.	PUH PNEUMATYKA s.c.	ul. Towarowa 14, 10-417 Olsztyn			x		x	x
12.	WIMTEC Sp. z o.o. (przedstawiciel firmy Ingersoll)	*ul. Żelazna 67/62, 00-871 Warszawa	x		x	x		x



TECHNOLOGY YOU CAN TRUST
TECHNOLOGIA GODNA ZAUFANIA

Sprężarki śrubowe z wtryskiem oleju w szerokim zakresie ciśnień i wydajności

Sprężarki śrubowe ze zmienną prędkością obrotową

Sprężarki tłokowe

Osuszanie i filtracja

Uzdatnianie kondensatu

- Nowoczesne rozwiązania dla warsztatów i zakładów przemysłowych
- Sprzedaż i serwis w Polsce wyłącznie przez partnerów MARK
- Korzystne warunki współpracy dla dystrybutorów
- Zapraszamy do Renomowanego Klubu Sprężonego Powietrza

MARK POLSKA
Al. Krakowska 61A
Sękocin Nowy
05-090 Raszyn

tel.: +48 22 720 96 00
fax: +48 22 720 96 02
e-mail: info@mark-polska.pl
www.mark-compressors.com



VI Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej **CONTROL-TECH** 27-29.09.2006, Kielce



Zakres branżowy:

- **Urządzenia pomiarowe**
- **Narzędzia**
- **Obróbka skrawaniem**
- **Automatyka przemysłowa**
 - techniczne środki automatyzacji
 - napędy stosowane w układach automatyzujących
 - układy automatyzacji maszyn, urządzeń oraz stanowisk
 - linie wytwórcze dla różnych procesów i branż
 - technologie automatyki dla wszystkich sektorów przemysłu
 - automatyczny system kontroli dla procesów produkcji
 - systemy kontroli pomiarowej
 - sprzęt i aparaty do wykrywania i diagnozowania instalacji podziemnych rurowych, kablowych
 - urządzenia do zdalnego sterowania maszyn
- **Aparatura badawcza i sprzęt laboratoryjny**
- **Wyposażenie pomieszczeń laboratoryjnych**
- **Metrologia w systemach zapewniania jakości**
- **Oprogramowanie kontrolne dla procesów technologicznych**
- **Technologia laserowa**

Patronat prasowy:

**CONTROL
ENGINEERING**





CPP PREMA S A w Kielcach
www.prema.pl



PRZEDSIĘBIORSTWO
FAIR PLAY

GAZETE BIZNESU 2005



30 LAT DOŚWIADCZENIA NA RYNKU
1976-2006

**NAJWIĘKSZY KRAJOWY PRODUCENT
 ELEMENTÓW PNEUMATYKI SIŁOWEJ
 I STERUJĄCEJ**

SKLEPY FIRMOWE

KIELCE:
 UL. WAPIENNIKOWA 90

TEL. (+48 41) 361-95-24 w. 224
 TEL/FAX. (+48 41) 361-98-39
sklep@prema.pl

KATOWICE:
 UL. PORCELANOWA 10
 (KOMPLEKS ATAL)

TEL/FAX. (+48 32) 258-07-78
 kom. 693 724-769
katowice@prema.pl

RZESZÓW:
 UL. PRZEMYSŁOWA 14/1
 (JELCZANKA)

TEL/FAX. (+48 17) 854-84-10
 kom. 693 724-772
rzeszow@prema.pl

Nowości w 2006 roku:

- siłowniki pneumatyczne ISO 15552 D32-D63 Z TULEJĄ PROFILOWĄ,
- siłowniki zgodne z ISO 15552 seria OPTIMAL D32-D100,
 (zaprojektowane jako alternatywa dla tanich siłowników z dalekiego wschodu)
- zawory rozdzielające ISO ZE, wyspy zaworowe MULTIPOL
 (we współpracy z firmą BOSCH-REXROTH)

**ZAPRASZAMY DO ODWIEDZENIA
 NASZEGO STOISKA NA TARGACH "AUTOMATICON 2006"
 21-24 marca W WARSZAWIE
 (EXPO XXI ul. Prądzyńskiego 12/14) stoisko E20**

CENTRUM PRODUKCYJNE PNEUMATYKI "PREMA" S A w KIELCACH

ul. Wapiennikowa 90 25-101 Kielce
 tel. 041 361-95-24, fax. 041 361-91-08 tel. Kom. 693 724-755
 Marketing: 041 362-21-60
prema@prema.pl www.prema.pl

OFERTA HANDLOWA

- siłowniki pneumatyczne
- D12+D320 ISO I CNOMO,
- kompaktowe ISO D32-D100,
- dociskowe D12 - D100,
- wahadłowe D40 - D125.

- czujniki położenia tłoka do siłowników pneumatycznych

- elementy mocujące do siłowników pneumatycznych D12+D320 ISO I CNOMO

zawory rozdzielające sterowane:

- elektromagnetycznie
 - pneumatycznie
 - mechaniczne
- 5/2, 5/3, 3/2, 2/2 G1/8+G3/4

- wyspy zaworowe do zaworów ZMG I ZE oraz MULTIPOL

- elementy sterujące natężeniem przepływu sprężonego powietrza

- bloki i elementy przygotowania sprężonego powietrza G1/4-G3/4

- wyroby nie katalogowe na zamówienie Klienta

- elementy złączne, przewody, węże i akcesoria dla pneumatyki

- doradztwo techniczne, dobór zamienników, projektowanie układów sterowania

- usługi galwaniczne cynkowanie, anodowanie chromowanie techniczne

**JEDNOSTKA
 CERTYFIKUJĄCA:**



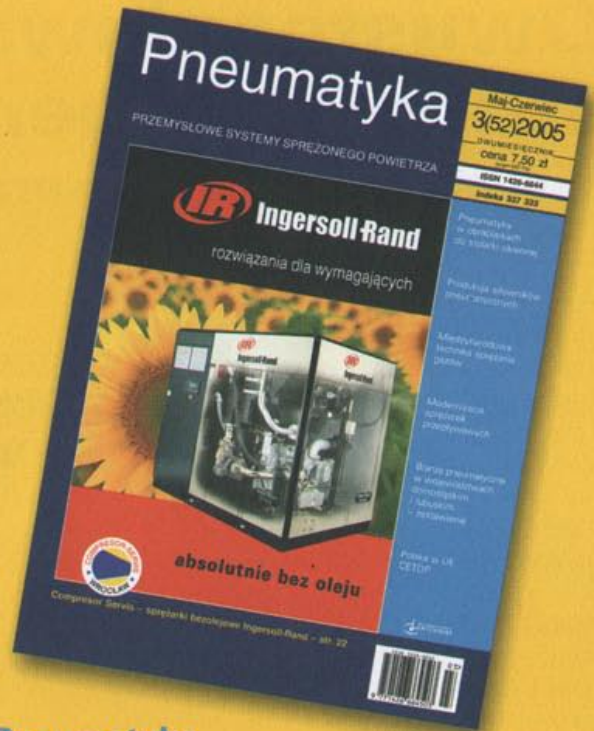
ISO 9001:2000

Z każdej branży...



• Ekotechnika

nowe techniki, technologie i urządzenia proekologiczne



• Pneumatyka

sprężone powietrze w przemyśle i nie tylko



• Transport Przemysłowy

nowoczesny transport bliski w różnych gałęziach przemysłu



• Spajanie metali i tworzyw w praktyce

praktyczna wiedza o łączeniu metali i tworzyw sztucznych (dawniej Zgrzewanie)

Wydawnictwo Lektorium

ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław

tel./fax (071) 798 59 40, fax (071) 798 59 47

e-mail: reklama@lektorium.pl

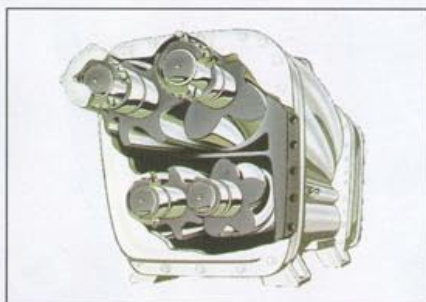
www.lektorium.pl

Dwustopniowe sprężarki śrubowe Ingersoll-Rand SSR

Ekonomiczne sprężanie przez 24 godziny na dobę

System sprężonego powietrza jest jednym z najbardziej odpowiedzialnych w zakładzie. Nawet niewielkie zmiany w wydajności mogą okazać się bardzo istotne dla kosztów energii. Z kolei niezawodność wyposażenia produkcyjnego, brak przestojów i zaburzeń cyklu produkcyjnego decydują o konkurencyjności danego producenta na rynku.

W celu zwiększenia energooszczędności i niezawodności, firma Ingersoll-Rand proponuje użytkownikom sprężonego powietrza systemy zawierające kompletne rozwiązania, poczynając od energooszczędnych sprężarek, poprzez elementy uzdatniania, magazynowania i rozprowadzania powietrza, a kończąc na inteligentnych urządzeniach



niach kontrolujących pracę całego systemu i optymalizujących zużycie energii.

Sprężarki SSR

Użytkownikom, dla których najważniejsza jest ciągłość i niezawodność dostawy sprężonego powietrza firma Ingersoll-Rand oferuje sprawdzone na całym świecie sprężarki dwustopniowe serii SSR M 75 do 350 kW. Ich unikatowa konstrukcja i system sterowania zapewniają osiągnięcie parametrów nieporównywalnych z urządzeniami innych producentów.

Energooszczędny stopień śrubowy

Centralną częścią sprężarki SSR jest dwustopniowy moduł śrubowy. Wirniki obu stopni zostały precyzyjnie wykonane w dwuzłotostopowym procesie technologicznym, zapewniając niezrównaną dokładność profili wirników, ich powtarzalność i wydajność.



Przy sprężaniu powietrza w dwóch stopniach zamiast w jednym energooszczędność może osiągnąć 15%.

Kluczowym elementem decydującym o efektywności dwustopniowego modułu śrubowego jest kurtyna olejo-

WYGODNY GÓRNY WYWIEW

Chłodzące powietrze wydobywa się w górnej części urządzenia, co umożliwia łatwy wywiew w celu usunięcia (lub zabezpieczenia) ciepłego powietrza.

46°C TEMPERATURA OTOCZENIA

Sprężarki SSR działają w wysokich temperaturach otoczenia, dzięki czemu mogą być stosowane na terenie całego świata. Nawet, jeśli sprężarka nie jest wykorzystywana w gorącym klimacie, możliwość działania w wysokich temperaturach zapewnia zwiększenie przepływu spowodowanych uszkodzonymi systemami chłodzenia.

OSŁONA WYCISZAJĄCA

Osłona wyciszająca jest standardowym wyposażeniem i umożliwia utrzymanie poziomu hałasu na minimalnym poziomie.

SPRĘŻARKA SSR

W celu zabezpieczenia pomieści systemu sprężonego powietrza, Ingersoll-Rand oferuje wybór projektu chłodzącego powietrzem lub wodą.

CHŁODZENIE CAŁEJ POWIERZCHNI

System chłodzenia powierzchni znajduje się przy wlotowej części zestawu. Pozwala to na przetrwanie składowanego do temperatury nie poniżej 8°C powietrza temperatury otoczenia, sprężonego powietrza do systemu powietrza.

LATWOŚĆ PRZEPROWADZANIA KONSERWACJI

Sprężarka SSR jest niezwykle przystępna, co ułatwia przeprowadzenie konserwacji. Umieszczenie komponentów za łatwym do demontażu panelem ułatwia możliwość dostępu.

ODPORNY MECHANICZNIE SILNIK

Szczególna odporność budowy elektrycznego silnika SSR oznacza, iż będzie on przetrwał w warunkach, w jakich inne silniki nie są w stanie. Konserwacja i naprawa silnika SSR jest taka sama jak innych silników elektrycznych.

URZĄDZENIE URUCHAMIAJĄCE STAR-DELTA

Ważne wyposażone urządzenie uruchamiające umożliwia kontrolowanie, włączanie, wyłączanie, składowanie prądu i generowanie dywergencyjności komponentów współpracujących w ten sposób niezawodność systemu.

LATWOŚĆ MONTAŻU

SSR System wyposażony jest w pełen zestaw i okablowanie do utrzymania, co ułatwia bezproblemowe podłączenie.

FABRYCZNIE-TESTOWANY

Testowanie każdej z wyprodukowanych sprężarek gwarantuje najwyższą niezawodność i zachowanie najlepszych kosztów produkcji oferowanych sprężarek.



KONSTRUKCJA WOLNA OD PRZECIEKÓW

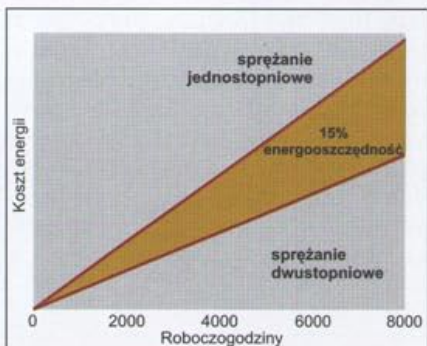
Wykorzystując uszczelniki typu O-ring przy wszystkich połączeniach 1/2" i większych w znaczący sposób redukuje potencjalne problemy spowodowane konwencjonalnymi połączeniami.

OLEJ NA 8000 GODZIN/2-LATA

Ultra Coolant™ redukuje koszty konserwacji dzięki temu, iż charakteryzuje się dłuższym okresem wykorzystania pomiędzy zmianami. Dzięki wysokiej jakości systemu oddzielania - zmniejsza ilość czynnika chłodzącego przechodzącego do systemu powietrza, go nie należy redukować koszty wymiany czynnika chłodzącego. Ponadto, Ultra Coolant posiada składniki stabilnie biodegradacji, co minimalizuje konieczność instalowania separatora wody i oleju, redukując problemy związane z podtytaniem się skrupów. Zgodnie z lokalnymi wymaganiami.



wa. Powietrze opuszczające pierwszy stopień jest schładzane poprzez wtrysk rozpylonego oleju w strumień sprężonego powietrza. Obniżenie tempera-

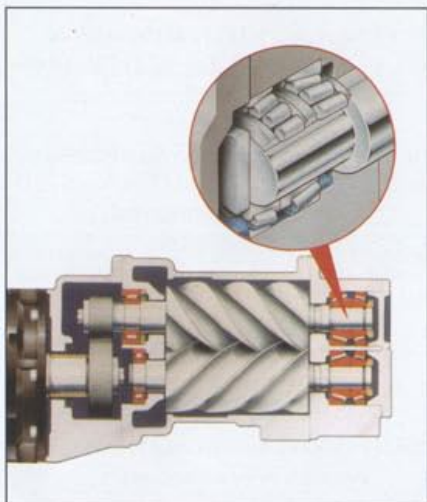


tury powietrza przed wejściem w drugi stopień, w znaczny sposób zmniejsza zapotrzebowanie na energię niezbędną do sprężania. Kurtyna chłodząca eliminuje potrzebę zastosowania chłodnicy międzystopniowej.

Niezawodność i trwałość

Skupiając uwagę na niezawodności, Ingersoll-Rand zadbał o odpowiednie rozwiązania w module sprężającym i w systemie przeniesienia napędu.

Moduł sprężający. Niższy stosunek sprężania w każdym z dwóch stopni redukuje obciążenie łożysk i przedłuża ich żywotność, a tym samym



żywołność stopnia śrubowego. W module sprężającym zastosowano specjalną konfigurację łożysk stożkowych najwyższej jakości, zdolnych do przenoszenia znacznych obciążeń wzdłużnych i poprzecznych. Łożyska te są umieszczone w specjalnej misce olejowej, zapewniającej obecność czynnika smarującego podczas krytycznej fazy wstępnej rozruchu, zanim rozpocznie się cyrkulacja oleju. Dzięki takiemu rozwiązaniu łożyskowania, wykorzystywany w tysiącach sprężarek na całym świecie moduł śrubowy SSR zyskał opinię nie tylko efektywnego, ale i bezawaryjnego.

Przeniesienie napędu. Niezawodny system przeniesienia napędu ma postać zintegrowanej przekładni zębatej, w której koło napędowe jest osadzone bezpośrednio na wale silnika, a koła napędzane na wałach wirników pierwszego i drugiego stopnia sprężającego. Ponieważ silnik jest na stałe osiowo spójrzonowany względem modułu, nie ma potrzeby regulowania ustawienia. Dodatkowo umieszczenie przekładni zębatej w wspólnej obudowie zapewnia bezpieczeństwo z punktu widzenia użytkownika. Koła napędzane wzajemnie kompensują promieniowe obciążenia wału napędowego, co zwiększa trwałość łożysk silnika.

Regulacja wydajności

Wyjątkowy system regulacji wydajności za pomocą zaworu wlotowego wyposażonego w silnik krokowy dokładnie dostosowuje przepływ powietrza do zapotrzebowania systemu. Wy-



starczy nastawić pożądane ciśnienie systemu, a wbudowany sterownik mikroprocesorowy sprężarki zapewni dokładną regulację. System kontroli wlotu nie wymaga dodatkowej rutynowej obsługi. Nie ma tam przełączników, ręcznej kalibracji ani potrzeby ręcznego ustawiania w trakcie normalnej pracy.

Sterownik INTELLISYS

Zastosowany w sprężarkach SSR sterownik Intellisys realizuje pełną kontrolę zarówno w przypadkach, gdy wy-



magane jest ciągle ośmiogodzinne dostarczanie sprężonego powietrza, jak i przerywane 24-godzinne. Łatwy w odczytywaniu ekran ciekłokrystaliczny dostarcza niezbędnych informacji o funkcjonowaniu sprężarki. Za pomocą miękкодотykowego panelu operator ma szybki i pełny dostęp do wszelkich nastaw.

Intellisys® zapewnia diagnostykę systemu, wyświetla komunikaty ostrzegające i/lub zatrzymujące sprężarkę, jeżeli przekroczy ona tolerancję parametrów, a także zapisuje w pamięci historię wydarzeń poprzedzających awarię. Umożliwia to szybkie wprowadzanie niezbędnych poprawek i utrzymanie na jak najniższym poziomie wydatków związanych z naprawami oraz okresów przestoju.

Intellisys® ma także funkcję automatycznego zgłaszania konieczności kolejnego serwisowania sprężarki. Ma to na celu zachęcanie do regularnego przeprowadzenia prac serwisowych w celu zredukowania przestoju.

Rozwiązania Ingersoll-Rand wyróżniają się pod względem produktywności, niezawodności i wydajności. Systemy sprężonego powietrza, w których zastosowano zaawansowane technologie sprężania i sterowania Ingersoll-Rand charakteryzują się także kosztami eksploatacji niższymi o 25–50% w porównaniu z innymi systemami.

Artykuł promocyjny
Ingersoll-Rand

Wyspa zaworowa LS04

Kolejną modyfikacją rodziny wysp zaworowych HF04 i LP04 jest kompaktowa wyspa zaworowa LS04 – nowy produkt w naszym programie pneumatyki.

Jej nowoczesny „design”, estetyczny wygląd, niewielkie wymiary i mały ciężar oraz doskonale parametry przepływu i konkurencyjna cena sprawiają, że wyrób ten już teraz cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem krajowych i zagranicznych odbiorców.



Fot. 1 Wyspa zaworowa LS04

Dzięki swym rozwiązaniom technicznym oraz walorom estetycznym nowa wyspa zaworowa jest urządzeniem ze wszech miar nowoczesnym.

A oto główne parametry techniczne wyspy zaworowej LS04:

- przepływ pojedynczego zaworu max 330 Nl/min
- ciśnienie zasilania 3 – 8 barów
- szerokość zaworu 10,8 mm
- napięcie zasilania 24 VDC
- przyłącze elektryczne multipol D-Sub boczne i od góry
- czas przełączania 9/24 ms
- przyłącze pneumatyczne na przewód o średnicy zewn. 4 mm lub 6 mm
- materiał korpusu: poliamid wzmocniony włóknem szklanym
- moc pojedynczej cewki 0,7 W
- sygnalizacja LED
- możliwość podłączenia 24 jednocewkowych zaworów



Fot. 2 Pojedynczy zawór monostabilny XS - LS04

- możliwość utworzenia różnych stref ciśnienia oraz rozszerzania wyspy. Zawory LS04 mogą występować również w wersji pojedynczej:
- XS – monostabilne
- AF – bistabilne zasilane złączem elektrycznym IP 65 M8 lub IP20 Standard.

Różnorodność funkcji zaworów 5/2, 5/3, 2x3/2, niewielkie wymiary oraz niewielki ciężar stwarzają możliwość zastosowania wysp na liniach montażowych, w aplikacjach manipulatorów oraz w układach o dynamicznym działaniu małych, pneumatycznych jednostek napędowych.



Fot. 3 Pojedynczy zawór bistabilny AF - LS04

Artykuł promocyjny
Bosch Rexroth

Bosch Rexroth Sp. z o.o. należy do koncernu Bosch Rexroth AG, światowego lidera w zakresie napędów i sterowań. Na rynku polskim Rexroth obecny jest od lat 60. XX w. W roku 2004 firma osiągnęła obroty na poziomie 106 394 313 PLN, przy zatrudnieniu 107 pracowników. Program produkcyjny Bosch Rexroth obejmuje wszystkie branże, oferując klientowi kompleksowe rozwiązania w zakresie: hydrauliki przemysłowej, napędów i sterowań, techniki przemieszczeń liniowych i montażu, pneumatyki, serwisu i hydrauliki mobilnej.

Centrala:

ul. Staszica 1, 05-800 Pruszków
tel.: (22) 738 18 00, fax: (22) 758 87 35
info@boschrexroth.pl
www.boschrexroth.pl

Biura regionalne:

Gdańsk:

ul. Galaktyczna 32, 80-299 Gdańsk
tel.: (58) 520 89 90, fax: (58) 552 54 75
gdansk@boschrexroth.pl

Katowice:

ul. Wiejska 46, 41-253 Czeladź
tel.: (32) 363 51 00, fax: (32) 363 51 01
katowice@boschrexroth.pl

Poznań:

ul. Krucza 6, 62-080 Tarnowo Podgórne
tel.: (61) 816 77 60, fax: (61) 816 77 64
poznan@boschrexroth.pl

Pruszków:

ul. Staszica 1, 05-800 Pruszków
tel.: (22) 738 19 00, fax: (22) 738 19 05
pruszkow@boschrexroth.pl

Rzeszów:

ul. Hoffmanowej 19, 35-016 Rzeszów
tel.: (17) 865 86 07, fax: (17) 865 87 70
rzeszow@boschrexroth.pl

Szczecin:

ul. Cukrowa 12, 71-004 Szczecin
tel.: (91) 483 67 82, fax: (91) 435 89 77
szczecin@boschrexroth.pl

Wrocław:

ul. J. Wymysłowskiego 3,
55-080 Nowa Wieś Wrocławska
tel.: (71) 364 73 20, fax: (71) 364 73 24
wroclaw@boschrexroth.pl

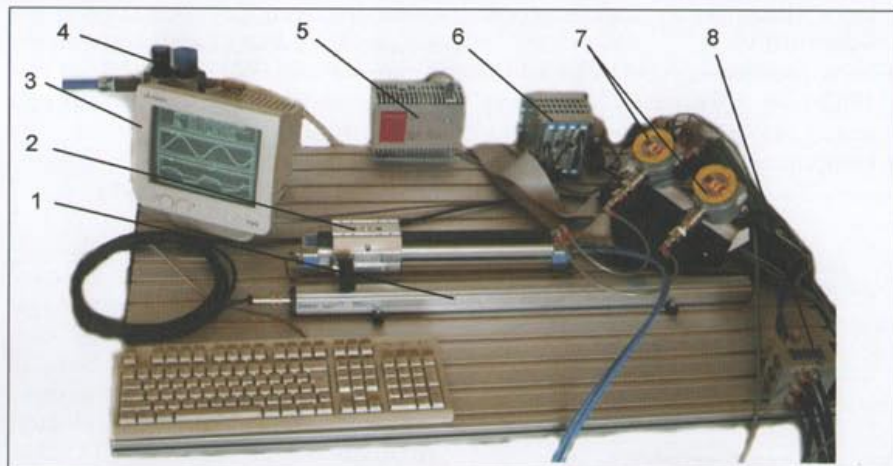
Szybkie prototypowanie układu sterowania rozmytego serwonapędu elektropneumatycznego

Ryszard Dindorf,
Jakub Takosoglu

Rozwój technik mikroprocesorowych, elektroniki oraz inteligentnych metod sterowania przyczynia się do zainteresowania producentów automatyki i robotów przemysłowych napędami elektropneumatycznymi. Także nowe narzędzia komputerowe stwarzają możliwość zaimplementowania inteligentnych metod sterowania opartych na logice rozmytej do napędów elektropneumatycznych.

Rozwój automatyzacji i robotyzacji produkcji zwiększa zainteresowanie inteligentnymi metodami sterowania serwonapędów pneumatycznych. W pracy przedstawiono procedurę szybkiego prototypowania systemu sterowania jednoosiowym serwonapędem pneumatycznym, tworzącym tzw. oś serwopneumatyczną. Z niezależnie sterowanych, odpowiednio połączonych pojedynczych osi serwopneumatycznych można budować wieloosiowe manipulatory pneumatyczne o różnych strukturach kinematycznych: strukturze szeregowej dwu- i trójosiowej, równoległej typu hexapod i triopod oraz szeregowo-równoległej (tzw. hybrydowe) typu tricept [1]. Dla pojedynczej osi serwopneumatycznej zadanie regulacji polega na sterowaniu przestawnym, nadającym lub według trajektorii ruchu. W przypadku manipulatorów wieloosiowych zadanie regulacji jest trudniejsze, ponieważ wymagana jest jednoczesna koordynacja ruchu wszystkich osi serwopneumatycznych. Projektowanie trajektorii ruchu manipulatora wieloosiowego polega na odpowiednim kształtowaniu sygnałów wymuszających z regulatora do każdej osi serwopneumatycznej.

Rozwój oprogramowania do szybkiego prototypowania w czasie rzeczywistym oraz symulacji *hardware-*



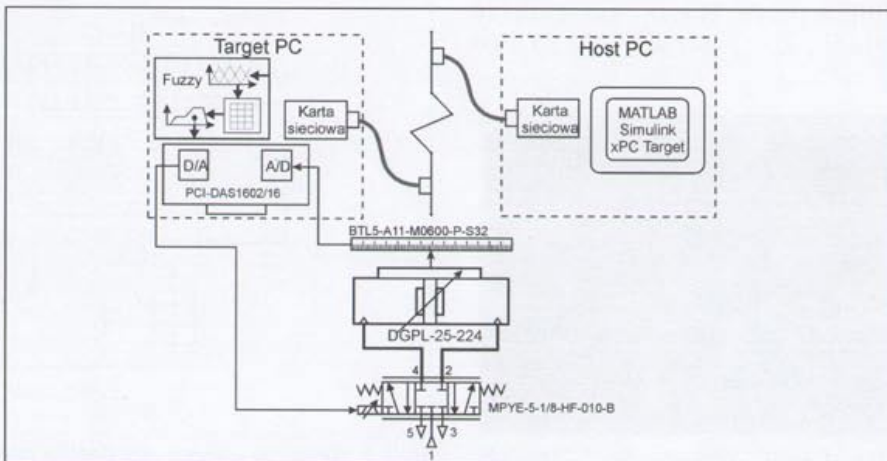
Rys. 1 Widok stanowiska badawczego: 1 – przetwornik położenia, 2 – siłownik beztłoczkowy, 3 – monitor komputera xPC Target, 4 – zespół przygotowania powietrza, 5 – zasilacz impulsowy, 6 – sterownik SPC 200, 7 – przetworniki ciśnienia, 8 – zawory proporcjonalne

in-the-loop umożliwia budowanie i testowanie złożonych systemów sterowania trudnymi i skomplikowanymi procesami przemysłowymi w warunkach laboratoryjnych. Takie podejście minimalizuje koszty realizacji systemu regulacji, gdyż nie jest konieczne budowanie kompletnego układu rzeczywistego. Szybkie prototypowanie pozwala na budowę układu regulacji rozmytej (*fuzzy logic*) serwonapędu elektropneumatycznego, a także bardziej skomplikowanych struktur kinematycznych wieloosiowych manipulatorów pneumatycznych [4].

Zastosowanie logiki rozmytej daje możliwości poprawy dynamiki i dokładności pozycjonowania serwonapędu elektropneumatycznego oraz eliminuje zakłócenia w jego układzie sterowania [8].

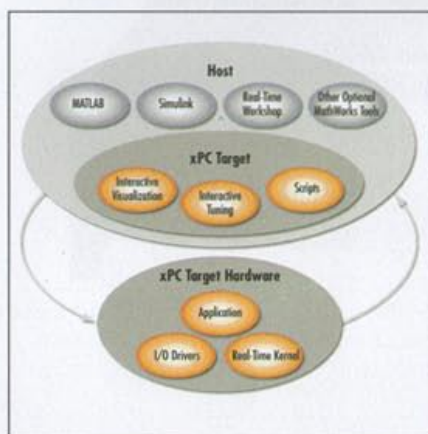
Stanowisko badawcze

Widok stanowiska badawczego jednoosiowego serwonapędu elektropneumatycznego przedstawiono na rys. 1, a jego schemat przedstawiono na rys. 2. W skład stanowiska badawczego wchodzi:



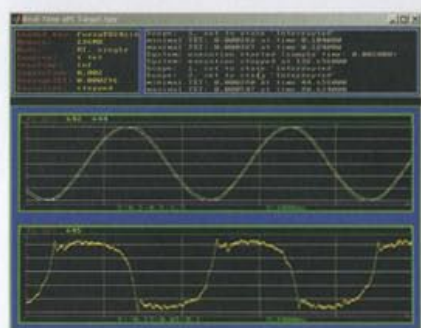
Rys. 2 Schemat stanowiska badawczego

- silownik beztłoczkowy typu DGP-25-224 (Festo) o długości 224 mm i średnicy tłoka 25 mm,
- zawór proporcjonalny typu MPYE-5-1/8-HF-010-B (Festo) sterowany napięciowo 0-10 V o nominalnym przepływie 700 l/min i częstotliwości przełączania 100 Hz,
- analogowy, bezstykowy przetwornik położenia typu BTL5-A11-M0600-P-S32 (Balluff) z wyjściem napięciowym 0-10 V,
- karta pomiarowa AD/DA PCI-DAS 1602/16 o 8 wejściach oraz 2 wyjściach analogowych, 16-bitowa,
- komputery klasy PC *Host* oraz *Target*.



Rys. 3 Diagram połączenia Host – Target [13]

W komputerze oznaczonym na schemacie jako *Host* zainstalowano oprogramowanie *MATLAB* i *Simulink* oraz *xPC Target*, służące do szybkiego prototypowania i sterowania w czasie rzeczywistym. Komputer *Target* posiada zainstalowaną kartę wejść/wyjść analogowych oraz system *Real-Time xPC Target*, który akwizuje dane pomiarowe i steruje serwonapędem elektropneumatycznym. Komputery *Host* i *Target* komunikują się za pomocą protokołu TCP/IP. Schemat działania aplikacji *xPC Target* i komunikacji między komputerami *Host* i *Target*



Rys. 4 Okno systemu Real-Time xPC Target

przedstawiono na rys. 3. Praca z pakietem do szybkiego prototypowania polega na zbudowaniu modelu *Simulink*. Następnym krokiem jest skompilowanie modelu oraz wysłanie go na komputer *Target*, który wraz z kartą wejść/wyjść analogowych i systemem *Real-Time xPC Target* pełni rolę fizycznego sterownika. Do *Targeta* podłączone jest stanowisko badawcze za pośrednictwem karty pomiarowej. Na komputerze *Host* i *Target* dzięki oprogramowaniu *xPC Target* możliwa jest wizualizacja pracy analizowanego procesu (patrz rys. 4).

Regulator rozmyty

Do sterowania serwonapędem elektropneumatycznym zaproponowano regulator rozmyty FLC (*Fuzzy Logic Controller*) typu PD o dwóch wejściach $e(t)$ (uchyb) i $\Delta e(t)$ (zmiana uchybu) oraz jednym wyjściu $u(t)$ (napięcie na cewce serwowozoru). Sposób realizacji regulatora rozmytego typu PD w badanym serwonapędzie elektropneumatycznym przedstawiono na rys. 5. Regulator zaprojektowano przy użyciu toolboxu *Fuzzy Logic* pakietu *Matlab-Simulink*. Prawo sterowania rządzące regulatorem rozmytym jest opisane przez system o bazie wiedzy zawierający reguły *JEŻELI-TO* przy nieokreślonych predykatkach i mechanizmie sterowania o logice rozmytej [3]:

$$u(k) = F[e(k), e(k-1), \dots, (k-v), u(k-1), u(k-2), \dots, u(k-v)] \quad (1)$$

gdzie: funkcja F jest nieliniową funkcją przedstawiającą regulator rozmyty FLC opisany przez bazę reguł.

Regulator rozmyty FLC opisuje relacje między zmianą sygnału sterującego $\Delta u(k)$ z jednej strony i uchybem $e(k)$ oraz jego zmianą $\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$ z drugiej strony. Wobec tego ogólną zależność sterowania FLC dla $v=1$ można zapisać:

$$\Delta u(k) = F[e(k), \Delta e(k)] \quad (2)$$

Rzeczywiste wyjście regulatora $u(k)$ otrzymuje się z przeszłej wartości sterowania $u(k-1)$ i jej aktualizacji przez $\Delta u(k)$ [3]:

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k) \quad (3)$$

Regulator rozmyty tego typu zaproponowali po raz pierwszy Mamdani i Assilian w 1975 roku i nazywali go regulatorem FLC typu Mamdaniego.

Natomiast prawo sterowania regulatora rozmytego PD, zastosowanego na stanowisku badawczym (rys. 5), można zapisać jako:

$$u(k) = F[e(k), \Delta e(k)] \quad (4)$$

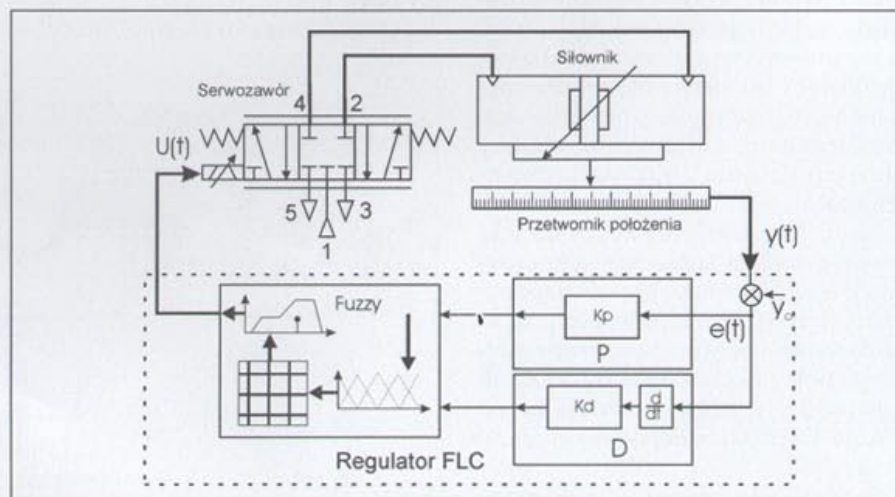
Prawo sterowania w postaci (4) wykorzystano do budowy algorytmu wnioskowania sterowania nierozmytego:

$$u(k) = f[e(k), \Delta e(k)] \quad (5)$$

który przypomina równanie algorytmu konwencjonalnego regulatora PD:

$$u(k) = k_p \cdot e(k) + k_D \cdot \frac{\Delta e(k)}{T} = k_p \cdot e(k) + k_D \cdot \Delta e(k) \quad (6)$$

gdzie: k_p i k_D są współczynnikami wzmacnienia członów proporcjonalnego i różniczkującego.



Rys. 5 Sposób realizacji regulatora rozmytego typu PD w serwonapędzie pneumatycznym

Tabela 1 Talica decyzyjna

$\Delta e \backslash e$	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB
NS	NB	NS	NS	NS	PS
Z	NB	NS	Z	PS	PB
PS	NS	PS	PS	PB	PB
PB	PB	PB	PB	PB	PB

Reguły realizujące regulator rozmyty PD zapisuje się w postaci: **JEŻELI** $e_p(k)$ jest <symbol własności> $I e_p(k)$ jest <symbol własności> **TO** $u(k)$ <symbol własności>.

Dziedzinę zmiennej uchybu e określono w zakresie od $-3,7$ V do $+3,7$ V, gdyż te wartości odpowiadają zakresowi przemieszczenia tłoka siłownika beztłoczyskowego typu DGPL-25-224, mierzonego za pomocą przetwornika położenia typu BTL5-A11-M0600-P-S32. W związku z brakiem kompletnej bazy wiedzy o sygnale wejściowym e do określenia jego końcowych wartości użyto zbiorów typu G i L. Dodatkowo dla uchybu e w pobliżu zera użyto zbioru typu trapez, tak aby ustalić wartość założonej odchyłki statycznej 2δ i uniknąć oscylacji wokół uchybu zerowego. Ze względu na ograniczenie ilości reguł rozmytych do 24, a tym samym zbiorów rozmytych, zagęszczono zbiory w pobliżu uchybu zerowego. Taka procedura umożliwiła uzyskanie „gładkiego” sygnału wyjściowego (o niewielkich skokach podczas przechodzenia od jednej reguły do drugiej) w pobliżu uchybu zerowego. Dla drugiego sy-

gnału wejściowego, czyli zmiany uchybu Δe podczas rozmywania, postąpiono podobnie, z tym że jej dziedzinę ustalono w zakresie od -25 V/s do 25 V/s, gdyż te wartości amplitudy sygnału wejściowego Δe odpowiadają maksymalnej prędkości zmiany uchybu (maksymalnej prędkości siłownika). Uwzględniając wyżej wymienione założenia, sygnał wejściowy uchybu e poddano procesowi rozmywania z rozmieszczeniem zbiorów rozmytych jak na rys. 6, a sygnał wejściowy Δe poddano procesowi rozmywania z rozmieszczeniem zbiorów rozmytych jak na rys. 7. Natomiast sygnał wyjściowy regulatora poddano procesowi rozmywania z rozmieszczeniem zbiorów o funkcjach przynależności jak na rys. 8.

Bazę reguł stanowią 24 reguły rozmyte przedstawione w tabeli 1. Powierzchnię przetwarzania regulatora rozmytego przedstawiono na rys. 9. Ze względu na ograniczenia programowe z kompletnej bazy 25 reguł zdecydowano się usunąć regułę w postaci:

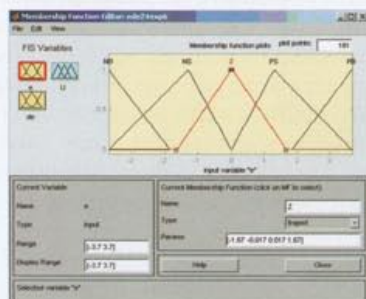
JEŻELI e jest **PB** **I** Δe jest **PB** **TO** u jest **PB**,

gdyż ta reguła ma znaczenie tylko przy powrotnym ruchu tłoka siłownika. Zadanie to było rzadko realizowane podczas badań eksperymentalnych, ponieważ najczęściej realizowano badania przy jednym kierunku ruchu tłoka siłownika. W procesie przetwarzania rozmytego zastosowano wyznaczenie poziomu zapłonu typu *min*, implikacji rozmytej typu *min* oraz agregacji poszczególnych wyjść reguły typu *max*. W celu uzyskania ostrej wartości wyjścia zastosowano metodę środka obszaru COA (*Center of Area*) [5, 6].

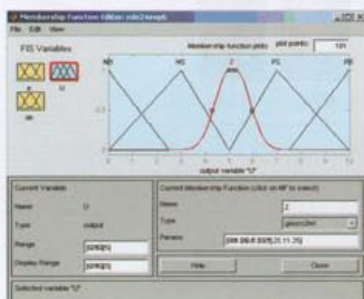
Badania eksperymentalne

Podczas badań eksperymentalnych serwonapędu elektropneumatycznego koncentrowano się głównie na sprawdzeniu działania regulatora rozmytego typu PD w zmiennych warunkach pracy. Ponieważ uważa się, że pracujące w warunkach przemysłowych serwonapędy elektropneumatyczne wyposażone w dodatkowe czujniki, np. przetworniki ciśnienia, czujniki siły, są rozwiązaniem nieekonomicznym, dlatego zbudowano regulator rozmyty ze sprzężeniem zwrotnym jedynie od położenia tłoka siłownika z wykorzystaniem przetwornika położenia. Rozwiązanie problemu sterowania takim serwonapędem pneumatycznym w otoczeniu niedostatecznej i niekompletnej informacji jest zadaniem trudnym do realizacji, lecz szczególnie ważnym przy wykorzystaniu zaproponowanego układu regulacji rozmytej. Zaprojektowany regulator rozmyty FLC porównano z programowalnym sterownikiem przemysłowym SPC-200 firmy Festo, który stosowany jest do regulacji wielosiłowych serwonapędów elektropneumatycznych. Sygnałami wymuszającymi dla regulacji przestawnej były sygnały typu *step* oraz *pulse*, a do regulacji nadążnej sygnały typu *ramp* i *sin*, natomiast do kontroli trajektorii ruchu tłoka siłownika zastosowano dowolny sygnał zadawany ręcznie poprzez dodatkowy potencjometryczny przetwornik położenia typu MLO-POT-225-TLF. Należy podkreślić, że regulator przemysłowy SPC-200 daje możliwość wymuszania tylko sygnałami typu *step* i *ramp*.

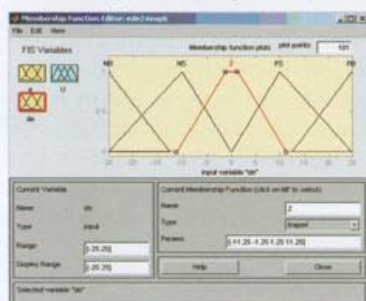
Ponieważ serwonapędy pneumatyczne wykorzystywane są w budowie manipulatorów i robotów przemysłowych, dlatego jednym z ważniejszych warunków ich sterowania jest odporność algorytmu regulacji na zmienne



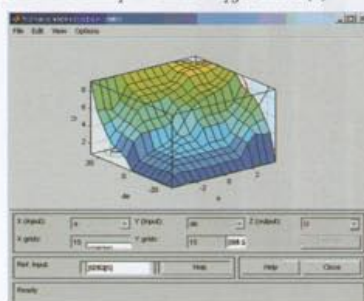
Rys. 6 Rozmywanie wejścia $e(t)$



Rys. 8 Rozmywanie wyjścia $u(t)$



Rys. 7 Rozmywanie wejścia $\Delta e(t)$



Rys. 9 Powierzchnia przetwarzania

Tabela 2 Wskaźniki jakości regulacji ze sterownikiem przemysłowym SPC-200

t_R [s]	δ_p [mm]	IAE	ISE	ITAE	ITSE	e_s mm	e_v mm/s
Wymuszenie typu <i>ramp</i>							
0,56	0	43,7	5018	9,6	1025	58,1	444,1
Wymuszenie typu <i>step</i>							
0,72	0,2	51,1	7757	13,7	1845	–	–

Tabela 3 Wskaźniki jakości regulacji z regulatorem rozmytym PD

t_R [s]	δ_p [mm]	IAE	ISE	ITAE	ITSE	e_s mm	e_v mm/s
Wymuszenie typu <i>sin</i>							
–	–	23,5	64,2	116,3	320,8	2,4	62,6
Wymuszenie typu <i>pulse</i>							
–	1,2	80,4	8880	374,7	4,2e4	–	–
Wymuszenie typu <i>ramp</i>							
0,17	0,6	7,2	343,7	0,7	26,43	9,5	230,1
Wymuszenie typu <i>step</i>							
0,32	0,5	22,4	3301	3,8	490,1	–	–

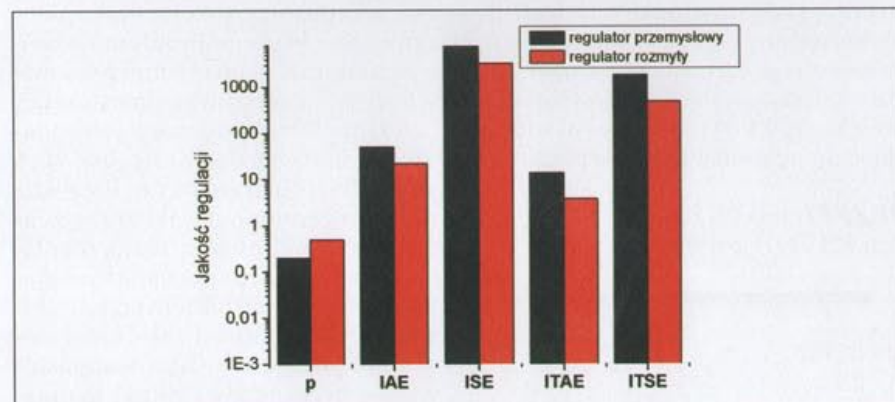
parametry układu (np. obciążenie masowe, ciśnienie zasilające) oraz zakłócenia zewnętrzne. W serwonapędach pneumatycznych wymagana jest również regulacja położenia w szerokim zakresie przemieszczeń i prędkości tłoka siłownika. Podczas badań porównano jakość regulacji serwonapę-

du elektropneumatycznego przy użyciu sterownika przemysłowego SPC-200 i regulatora rozmytego FLC. Badania porównawcze serwonapędu pneumatycznego przeprowadzono w oparciu o podstawowe wskaźniki jakości, takie jak: czas regulacji t_R , przeregulowanie $\delta_p = y_m - y_D$, błąd regulacji

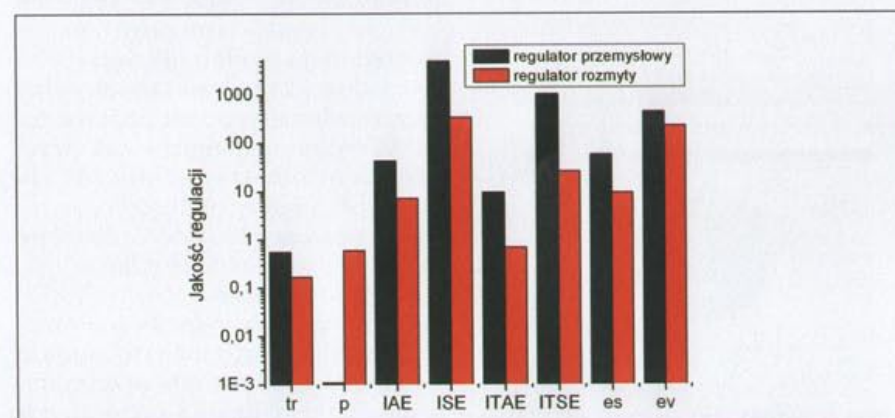
(uchyb) $e = |y(t) - y_d|$ oraz całkowite wskaźniki jakości: IAE (*Integral of absolute error*), ISE (*Integral of square error*), ITAE (*Integral of time and absolute error*), ITSE (*Integral of time and square error*). Jako dodatkowe kryteria dla regulacji nadążnej uwzględniono bezwzględne odchyłki nadążania sygnału położenia e_s i sygnału prędkości e_v . Na podstawie danych, otrzymanych z przebiegów dynamicznych procesu pozycjonowania serwonapędu elektropneumatycznego przy użyciu sterownika przemysłowego i regulatora rozmytego, stworzono szereg wykresów i tabel [2, 7]. Wartości wskaźników jakości, wyznaczonych na podstawie badań eksperymentalnych serwonapędu pneumatycznego, zestawiono w tabelach 2 i 3 oraz przedstawiono na wykresach porównawczych na rys. 10 i 11. Przedstawione wyniki badań dotyczą regulacji przestawnej – dla wymuszenia typu *step* (rys. 10), oraz regulacji nadążnej – dla wymuszenia typu *ramp* (rys. 11), przy użyciu sterownika przemysłowego i regulatora rozmytego.

Podsumowanie

W pracy porównano wyniki badań eksperymentalnych jednoosiowego serwonapędu pneumatycznego ze sterowaniem rozmytym i sterowaniem konwencjonalnym za pomocą przemysłowego sterownika programowalnego. Regulator rozmyty typu PD zbudowano przy użyciu oprogramowania xPC Target pakietu Matlab do szybkiego prototypowania i symulacji hardware-in-the-loop. Przeprowadzono szereg badań eksperymentalnych jednoosiowego serwonapędu pneumatycznego ze sterownikiem przemysłowym i regulatorem rozmytym, które zastosowano do realizacji zadania sterowania przestawnego, nadążnego i według trajektorii ruchu. Z analizy wyników badań wynika lepsza jakość regulacji i dokładność pozycjonowania serwonapędu pneumatycznego z regulatorem rozmytym. Regulacja przy użyciu sterownika przemysłowego umożliwia jedynie realizację zadania przestawiania oraz w niewielkim zakresie zadanie nadążania, co stanowi duże jego ograniczenie w zastosowaniu w sterowaniu serwonapędów elektropneumatycznych w manipulatorach wieloosiowych. Opracowany regulator rozmyty typu PD zapewnia odpowiednią jakość i stabilność sterowania serwonapędem pneumatycznym, tak-



Rys. 10 Wykresy porównawcze wskaźników jakości regulacji przestawnej – wymuszenie typu *step*



Rys. 11 Wykresy porównawcze wskaźników jakości regulacji nadążnej – wymuszenie typu *ramp*

że dobrze realizuje zadanie śledzenia trajektorii zadanej w czasie rzeczywistym. Pomimo że zadanie śledzenia trajektorii ruchu było obciążone dużym szumem (ze względu na wykorzystany przetwornik potencjometryczny), pozycjonowanie przebiegało poprawnie. Dodatkowym atutem regulatora rozmytego jest jego duża elastyczność sterowania w odniesieniu do użytej aparatury badawczej (można stosować różne rodzaje siłowników i przetworników pomiarowych oraz duże zakresy zmiany ich parametrów). Uzyskane wyniki badań umożliwią wykorzystanie zaprojektowanego regulatora rozmytego typu PD do sterowania wieloosiowego manipulatora pneumatycznego typu triod.

dr hab. inż. Ryszard Dindorf,
prof. Politechniki Świętokrzyskiej,
kierownik Zakładu Mechatroniki,
mgr Jakub Takosoglu, doktorant

Literatura

[1] Dindorf R., Łaski P., Takosoglu J.: Control of electro-pneumatic 3-DOF

parallel manipulator using fuzzy logic. *Hydraulika a Pneumatyka*, 1-2/2005 (Slovak Republik).

[2] Dindorf R., Takosoglu J.: Analiza serwonapędu pneumatycznego z regulatorami rozmytymi. *Pneumatyka* 1/2005.

[3] Driankov D., Hellendoorn H., Reinfrank M.: Wprowadzenie do sterowania rozmytego. Warszawa 1996.

[4] Takosoglu J., Gawor T., Łaski P.: Manipulator elektropneumatyczny typu tripod ze sterowaniem logiką rozmytą. *Pneumatyka* 3/2004.

[5] Takosoglu J., Dindorf R.: Sterowanie serwonapędem elektropneumatycznym za pomocą regulatora rozmytego typu PD. *Projektowanie Mechatroniczne. Zagadnienia Wybrane. Zespół Mechatroniki KBM PAN, Kraków 2004.*

[6] Takosoglu J., Dindorf R.: Analiza serwonapędu elektropneumatycznego z regulacją rozmytą. *Hydraulika i Pneumatyka* 6/2004.

[7] Takosoglu J., Dindorf R.: Modelowanie, symulacja i sterowanie serwonapędu elektropneumatycznego oparte na logice rozmytej. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki, Łódź*, 1/2005.

[8] Takosoglu J., Dindorf R.: Sterowa-

nie rozmyte serwonapędu elektropneumatycznego. *XV Krajowa Konferencja Automatyki, Tom II, Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, Warszawa 2005.*

Abstract

Rapid prototyping of fuzzy logic controller of electropneumatic servo-drive

To control electropneumatic servo-drive a fuzzy logic controller (FLC) of PD type was used. Application of fuzzy logic controller (FLC) improved dynamics and positioning accuracy of pneumatic servo-drive and eliminated disturbances in its control system. The research proves applicability of fuzzy logic in control of servo-pneumatic manipulators with different kinematic chain structure.

HIROSS

Compressed Air Treatment
Filtry sprężonego powietrza



filtry Hyperfilter 2000
odwadniacze Hypersep
dreny kondensatu
odolejające kondensatu
chłodnice końcowe:
chłodzone wodą i powietrzem

dh Group Polska Sp. z o.o., ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68, e-mail: info@dhgroup.pl

Więcej niż eżektor

Produkt zgłoszony do konkursu
o złoty medal *AUTOMATICON 2006*

Stacje eżektorowe serii X-Pump to prawdziwy przełom w automatyzacji bliskiego transportu przedmiotów chwytanych próżniowo.

Przemysł motoryzacyjny, sprzętu AGD, przetwórstwa tworzyw sztucznych, szklarski, spożywczy, farmaceutyczny, kosmetyczny, płyt CD/DVD i wiele innych, w których istnieje potrzeba szybkiego przemieszczania przedmiotów, które trudno chwycić chwytakami mechanicznymi (fot. 1), coraz chętniej stosują technikę próżniową.

Podstawowe cechy, jakie musi posiadać końcówka chwytająca manipulatora lub robota transportowego, to:

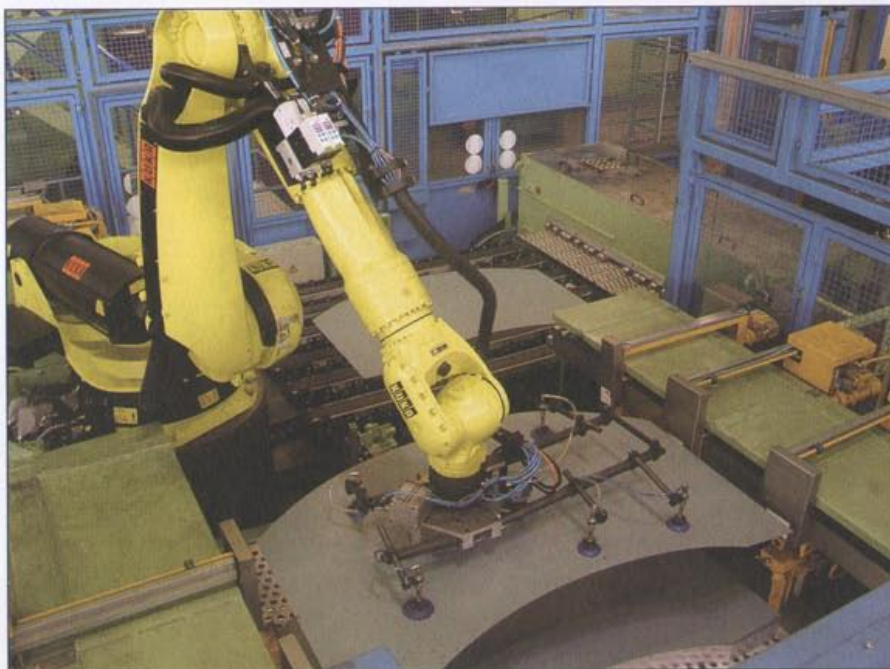
- niezawodność chwytu i duża dynamika procesu,
- krótkie czasy chwytania i zwalniania eliminujące czasy bezproduktywne maszyny,
- małe zużycie energii gwarantujące ekonomiczność procesu,
- duża niezawodność ograniczająca nieplanowane przestoje w produkcji,
- prosta obsługa, konserwacja i konfigurowalność skracająca do minimum czasy serwisowe i przebrożeń maszyny.

Jednym z ważniejszych komponentów próżniowej końcówki chwytnej jest wytwornica próżni. Od niej w dużym stopniu zależy, w jakim zakresie zostaną spełnione powyższe wymagania.

Stacja eżektorowa X-Pump (fot. 2) jest inteligentną wytwornicą próżni spełniającą wszystkie powyższe wymagania.

Niezawodność chwytu, duża dynamika procesu oraz krótkie czasy chwytania i zwalniania produktu

Stacja eżektorowa X-Pump wyposażona jest w dwukanałowy czujnik próżniowy. Dzięki temu możliwe jest ustalenie wartości progowych informujących zewnętrzny układ sterowania



Fot. 1 Robot transportujący arkusze blach

o faktycznej wartości próżni w układzie chwytym końcówki manipulatora. Sygnał z pierwszego kanału (nastawiony na mniejszą wartość) może być wykorzystany jako sygnał startu pracy manipulatora, czyli może informować, że ssawki osiągnęły już minimalną, bezpieczną siłę mocującą i proces transportu może zostać uruchomiony

w możliwie najkrótszym czasie. Czas ten za każdym razem może być inny; jest zależny od stanu technicznego układu próżniowego oraz jakości powierzchni transportowanego przedmiotu. Jest to niewątpliwie duża oszczędność czasu w stosunku do najczęściej stosowanych metod rozpoczęcia ruchu manipulatora po zadanym czasie od uruchomienia zasilania układu próżniowego.

Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest bezpieczeństwo procesu produkcyjnego i otoczenia manipulatora. W przypadku gdy z różnych powodów nie będzie mogła być osiągnięta minimalna siła mocująca w ssawkach, nadrzędny układ sterujący nie otrzyma zezwolenia na ruch, co zapobiegnie niebezpieczeństwu „zgubienia” przedmiotu w trakcie transportu – zagrożenie wypadkiem lub niebezpieczeństwem uszkodzenia mienia. Jednocześnie manipulator wykonałby operację bezproduktywną, rozregulowującą proces produkcyjny.

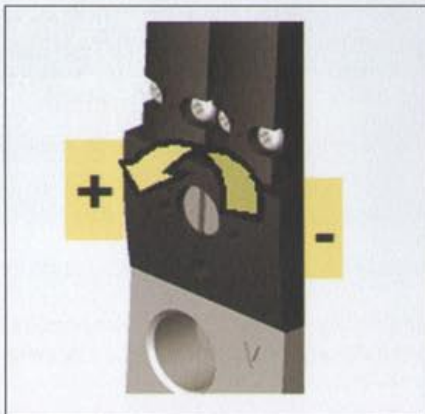
Sygnał z drugiego kanału próżniowego (nastawiony na większą wartość) może dać informację do sterownika



Fot. 2 Stacja eżektorowa X-Pump firmy Schmalz

manipulatora o osiągnięciu przez układ chwytnej maksymalnej siły mocującej. Informacja ta może zostać wykorzystana do zezwolenia na wykonywanie ruchów z większymi przyspieszeniami, redukując tym samym czas wykonania operacji transportowej do minimum. Sygnał ten wykorzystywany jest również w systemie oszczędzania energii, wbudowanym w sterowniku stacji eżektorowej. Po osiągnięciu tej wartości następuje wyłączenie zasilania eżektora w sprężone powietrze. Dzięki temu można stosować stacje eżektorowe na pozór „przewymiarowane”, które ze względu na duże wydajności ssania bardzo szybko osiągają wymaganą wartość próżni w układzie chwytym manipulatora. Istotnie skraca to czas mocowania przedmiotu.

Stacja eżektorowa X-Pump wyposażona jest również w zawór odrzutu, który po zakończeniu cyklu transportowego „wstrzykuje” sprężone powietrze w obwód próżniowy, powodując szybkie odmocowanie transportowa-



Rys. 1 Śruba regulacyjna strumienia odrzutu

nego przedmiotu. Dodatkowy moduł wspomaganie odrzutu dla stacji SXMP wyposażony jest w zawór odcinający tłumik hałasu eżektora, dzięki czemu cały strumień sprężonego powietrza kierowany jest w obwód próżniowy, skracając do minimum czas odmocowania przedmiotu. Niebezpieczeństwo zbyt gwałtownego odrzucenia transportowanego przedmiotu eliminuje się za pomocą wbudowanego standardowo zaworu dławiącego strumień odrzutu (rys. 1). Dla bezpieczeństwa zawór ten w stacjach X-Pump nie może być zdławiony do zera.

Dodatkową zaletą stacji eżektorowych X-Pump jest możliwość automatycznego generowania sygnału odrzutu po zakończeniu cyklu ssania. Czas odrzutu (od 0 do 2,5 s) wprowadza się

za pomocą klawiatury do sterownika stacji. Dzięki temu można uprościć program sterujący manipulatorem i instalacją sterującą.

Niezawodność chwytu transportowanego przedmiotu jest również istotna w stanach awaryjnych, czyli po wyłączeniu układu sterowania. Stacje te, jak wiele innych, dostarczane są w wersji NO i NC, czyli po zaniku sygnału sterującego eżektorem przechodzi on w stan aktywny (NO) lub nieaktywny (NC). W przypadku manipulacji przedmiotami o dużej masie lub w przypadku zagrożenia zdrowia lub mienia projektanci często decydują się na wersję NO, która gwarantuje utrzymanie chwytu przedmiotu w przypadku zaniku sygnałów sterujących. Jest to rozwiązanie kłopotliwe ze względu na koszty traconej energii w momencie włączenia zasilania sprężonego powietrza bez załączonego układu sterowania. W takiej sytuacji stacja eżektorowa zużywa maksymalną ilość sprężonego powietrza bez względu na to, w jakiej fazie cyklu roboczego się znajduje, czyli również wtedy, gdy nie ma chwyconego przedmiotu. Stacja X-Pump ma możliwość zainstalowania elektrozaworów impulsowych wspomaganym układem sterującym z podtrzymaniem zasilania na kondensatorze. Dzięki temu po wyłączeniu sterowania stacja eżektorowa przechodzi automatycznie w stan pełnego ssania, gdy przed wyłączeniem sterowania układ próżniowy był załączony (przedmiot jest uchwycony), lub w stan wyłączenia ssania, gdy układ próżniowy w tym momencie był wyłączony. Umożliwia to osiągnięcie dodatkowego efektu oszczędności energii przy zachowaniu bezpieczeństwa w strefie roboczej manipulatora.

Małe zużycie energii

Standardowe wykonanie stacji eżektorowych X-Pump umożliwia wywołanie funkcji oszczędzania energii sprężonego powietrza podczas transportu przedmiotów nieprzepuszczających powietrza. Ponieważ do wytworzenia próżni w ssawkach przy tego rodzaju przedmiotach wystarczy tylko krótki impuls sprężonego powietrza zasilającego eżektor, można w takim przypadku zaoszczędzić nawet do 90% kosztów energii zasilającej tego rodzaju wytwornice próżni. Ze względu na konstrukcję eżektorów wymagany jest przy tym dodatkowy zawór zwrotny w układzie próżniowym,

który zapobiega spadkowi wartości próżni w ssawkach mocujących, gdy wyłączone jest zasilanie eżektora.

Funkcja oszczędzania energii w stacjach X-Pump kontroluje wartość próżni w ssawkach i w przypadku osiągnięcia nastawionej wcześniej wartości progowej odłącza zasilanie eżektora. Gdy wartość próżni podczas transportowania przedmiotu spadnie poniżej zadanej wartości histerezy, układ sterowania automatycznie włączy ponownie zasilanie eżektora, aż do momentu ponownego uzyskania wartości progowej próżni. Wartość progowa i histereza są nastawialne w szerokim zakresie.

Stacje eżektorowe X-Pump mają w standardzie odpowiednią konstrukcję i adaptowany do tego celu układ sterowania. Ich przewagą w stosunku do istniejących już na rynku tego rodzaju rozwiązań jest wbudowana logika zabezpieczająca z jednej strony stację eżektorową przed uszkodzeniem zaworów sterujących, a z drugiej strony układ chwytnej przed utratą bezpiecznej siły mocującej w przypadku wystąpienia dużych nieszczelności w układzie próżniowym. Funkcja oszczędzania energii zostanie automatycznie wyłączona (eżektor będzie zasilany bez przerwy) na czas trwania jednego cyklu pracy stacji eżektorowej, w przypadku gdy w czasie jednej sekundy dwukrotnie zostanie wyłączone i załączone zasilanie eżektora. Dzięki temu zapobiega się pracy elektrozaworu pneumatycznego ze zbyt dużą częstotliwością oraz chroni się układ chwytnej przed zbyt dużymi zmianami wartości próżni, czyli przed zbyt dużymi wahaniami siły mocującej. Dodatkowo sterowanie tej stacji eżektorowej umożliwia automatyczne wyłączenie funkcji oszczędzania energii w przypadku wykrycia zbyt dużej prędkości spadku wartości próżni w obwodzie ssawek. Wartość tę wprowadza się wcześniej do układu sterowania za pomocą klawiatury.

Funkcję oszczędzania energii można wyłączyć w przypadku transportowania przedmiotów, które nie zapewniają szczelnego chwytu.

Duża niezawodność systemu

Duża niezawodność układu chwytnej gwarantuje rozbudowany system monitorowania, diagnostyki i statystyki, w jaki wyposażona jest stacja eżektorowa X-Pump.

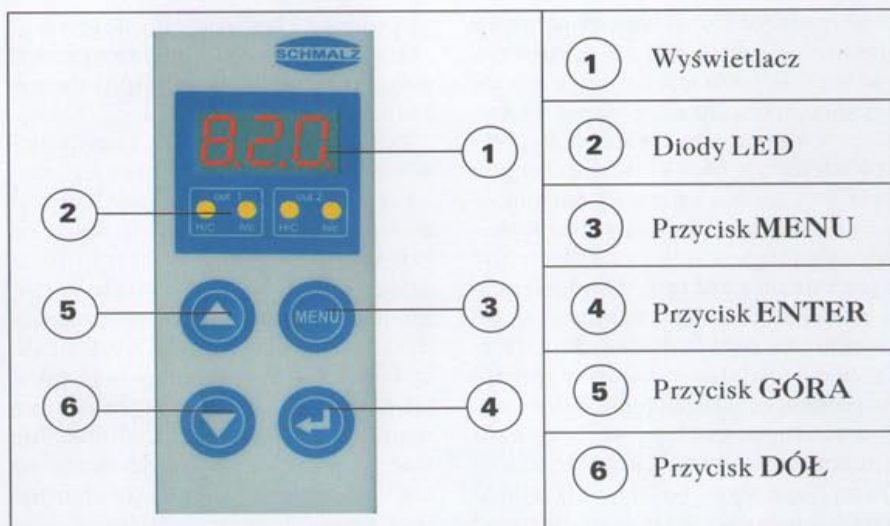
Wewnętrzny układ monitorujący na bieżąco mierzy wartość próżni w obwodzie ssawek (podczas cyklu ssania), kontrolując osiągnięcie zadanych, bezpiecznych wartości, obliczając czas „budowania się” próżni oraz obliczając prędkość opadania wartości próżni (w przypadku uaktywnienia funkcji oszczędzania energii). Wyniki tych pomiarów przekazywane są obsłudze (za pomocą dwóch wyświetlaczy diodowych) i nadrzędnemu układowi sterującemu (za pomocą sygnału na jednym z wyjść sterownika stacji).



Fot. 3 Wizualizacja stanu układu próżniowego

Wizualizacja polega na zapaleniu zielonej lub czerwonej diody LED (fot. 3). I tak odpowiednio:

- dioda zielona świeci sygnałem ciągłym, co oznacza, że obwód próżniowy jest szczelny i utrzymywana jest odpowiednia siła mocująca,
- dioda zielona miga, gdy nieszczelności w obwodzie próżniowym przekraczają założoną wartość lub gdy z powodu zbyt dużych nieszczelności sterowanie samoczynnie wyłączyło funkcję oszczędzania energii (przy czym zadana siła mocująca jest osiągnięta),
- dioda czerwona miga, gdy przekroczony został zadany czas osiągnięcia wymaganej wartości próżni w obwodzie ssawek lub gdy nie może być osiągnięta zadana siła mocująca (przy czym siła ta jest wystarczająca do przeprowadzenia operacji transportowej),
- dioda czerwona świeci sygnałem ciągłym, gdy nie może zostać osiągnię-



Rys. 2 Interfejs użytkownika

ta minimalna wymagana wartość próżni w obwodzie mocującym. Jednocześnie układ wystawia sygnały na wyjściach sterujących, informując nadrzędny układ sterowania o osiągnięciu minimalnej i zadanej war-

jest do nadrzędnego układu sterującego jako wskazanie jednego z czterech standardowych przedziałów nieszczelności, poprzez wystawienie sygnałów dwustanowych na dwóch wyjściach sterownika. Dodatkowo wynik

Tabela 1 Wynik działania funkcji diagnostycznej stacji eżektorowej X-Pump

OUT1	OUT3	Zakres nieszczelności	Stan układu próżniowego	Stan wskaźników LED
1	1	$L < 67\text{mbar/s}$	SZCZELNY	Zielony ciągły
1	0	$67\text{mbar/s} < L < 133\text{mbar/s}$	LEKKO NIESZCZELNY	Zielony migający
0	1	$133\text{mbar/s} < L < 200\text{mbar/s}$	ŚREDNIO NIESZCZELNY	Czerwony migający
0	0	$L > 200\text{mbar/s}$	NIESZCZELNY	Czerwony ciągły

tości próżni oraz o ewentualnym wystąpieniu jednej z trzech sytuacji:

- przekroczony został czas osiągnięcia wymaganej wartości próżni,
- wykryto zbyt duże nieszczelności w obwodzie próżniowym,
- zawór zasilania eżektora w sprężone powietrze został uruchomiony dwukrotnie w ciągu 1 s.

Sygnały z układu monitorującego z ostatniego cyklu pracy stacji eżektorowej są podtrzymywane aż do momentu wywołania kolejnego cyklu roboczego, stąd mogą zostać odczytane i przeanalizowane nawet długo po zatrzymaniu urządzenia transportowego.

Stacja eżektorowa X-Pump dodatkowo daje do dyspozycji funkcję diagnostyczną, którą można wywołać zdalnie z nadrzędnego sterownika i zdalnie odczytać jej wynik działania. Funkcja ta analizuje 16 ostatnich cykli roboczych stacji eżektorowej i wyznacza z nich średnią wartość nieszczelności. Wynik analizy przekazywany

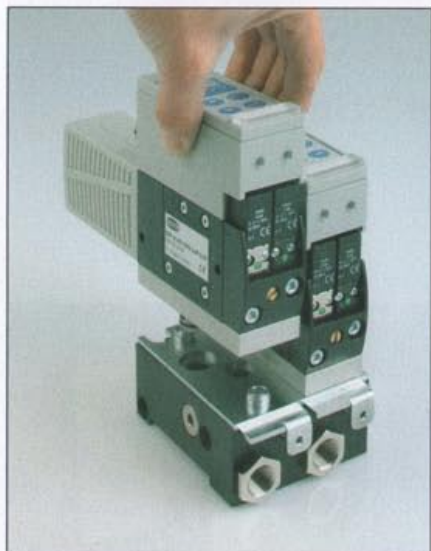
analizy wyświetlany jest za pomocą diod sygnalizacyjnych (zielonej i czerwonej – patrz tabela 1).

Prosta obsługa, konserwacja i konfigurowalność

Stacja eżektorowa X-Pump wyposażona jest w alfanumeryczny wyświetlacz trzypozycyjny oraz klawiaturę do komunikacji z użytkownikiem (rys. 2). Prosty układ menu pozwala na szybkie zapoznanie i posługiwanie się nim w codziennej praktyce. Dodatkowy podział menu na podstawowe i konfiguracyjne daje szybki dostęp użytkownikowi tylko do najczęściej używanych parametrów, bez konieczności przeglądania całej ich listy.

Wprowadzenie możliwości blokowania dostępu do każdego menu osobom nieuprawnionym gwarantuje bezpieczeństwo danych i ustawień konfiguracyjnych stacji.

Rozbudowane menu konfiguracyjne umożliwia precyzyjne skonfiguro-



Fot. 4 Wymiana eżektora zasilanego z płyty przyłączeniowej.

wanie stacji do aktualnych potrzeb klienta, bez konieczności wcześniejszego planowania konfiguracji stacji do przyszłych, często nie dość dokładnie sprecyzowanych wymagań.

Stacja eżektorowa X-Pump ma konstrukcję modułową, dzięki czemu można szybko wymienić uszkodzony

podzespół i uruchomić produkcję. Dodatkowa możliwość zasilania ich w sprężone powietrze z płyty wyposażonej w szybkozłącza umożliwia awaryjną wymianę stacji w ciągu kilkunastu sekund (fot. 4).

Stacja eżektorowa X-Pump jest przystosowana do pracy z suchym lub zaolejonym powietrzem, zarówno od strony zasilania, jak i od strony układu próżniowego. Dzięki temu idealnie nadaje się do przemysłu metalowego, w którym często transportowane są naolejone blachy. W konstrukcji tej stacji filtry próżniowe z wkładem papierowym lub z tworzywa sztucznego zastąpiono filtrami siatkowymi, które są wyjątkowo łatwe w utrzymaniu.

Stacja ta posiada jeszcze szereg innych możliwości, które szczegółowo opisane są w instrukcji obsługi dostarczanej z produktem.

Podsumowując, można powiedzieć, że największymi zaletami nowej stacji eżektorowej X-Pump firmy Schmalz są:

- wbudowany układ oszczędzania energii,
- rozbudowany układ monitorowania i diagnostyki,

- wizualizacja poprawności przebiegu procesu mocowania,
- możliwość komunikacji ze sterownikiem nadrzędnym w różnych standardach sieciowych,
- wbudowany układ statystyki pracy stacji eżektorowej,
- możliwość wyposażenia stacji w elektrozawory sterujące typu NO, NC i impulsowe,
- możliwość automatycznego wyzwalania funkcji odrzutu,
- bardzo krótkie czasy mocowania i zwalniania przedmiotów,
- zabezpieczenie przed ingerencją osób nieuprawnionych,
- swobodne programowanie bistabilnych kanałów pomiarowych czujnika próżniowego (trybu pracy, wartości progowych, typu kanałów wyjściowych),
- tryb pracy energooszczędnej,
- modułowa konstrukcja i zwarta budowa.

Firma zgłaszająca produkt do konkursu – **ARA Pneumatik**

Artykuł promocyjny
Andrzej Koceluch

ZMUSZAMY POWIETRZE DO CIĘŻKIEJ PRACY

ARA
PNEUMATIK

Przedstawiciel firm:

HOERBIGER ORIGA

LEGRIS

Schmalz

TOX Pressotechnik

Air Torque

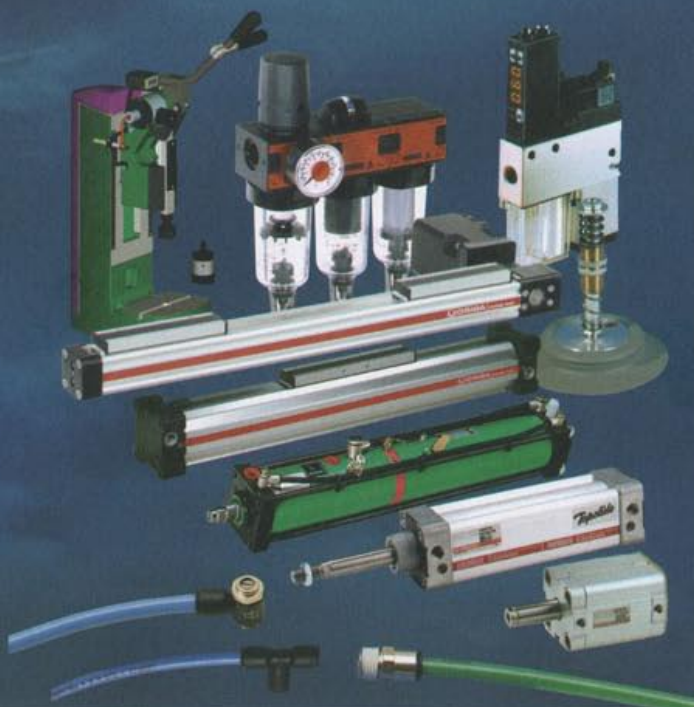
Weforma

MTA

PMV

ARA Pneumatik
ul. Wyścigowa 38
53-012 Wrocław
tel. (71) 364 72 82
fax (71) 364 72 83
ara@arapneumatik.pl

www.arapneumatik.pl

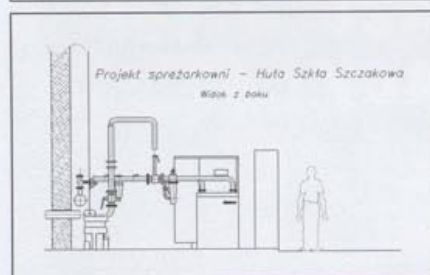
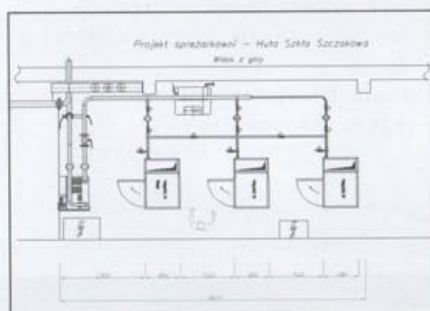


Narodziny systemu

w firmie „91 – Plus Huta Szkła Szczakowa” Sp. z o. o. w Jaworznie

Na początku był pomysł, ale jeszcze wcześniej dogmat, że najlepsze jest takim samym wrogiem lepszemu, jak lepsze dobremu. Wrogiem nawet bardziej skutecznym. Potem było zrozumienie i zaufanie inwestora.

Ze względu na oczywiste trudności opisanie procesów koncepcyjnych przedstawiamy ich wynik – projekt systemu.



Jego realizacja wyglądała następująco:
Poniedziałek, godzina 8:30. Trzy sprężarki WITTIG ROL 75 – jako ostatni element inwestycji – docierają do huty szkła w Szczakowej, następuje rozładunek i ustawienie na przygotowanych wcześniej, docelowych miejscach pracy.



Następnie wszystkie sprężarki zostają bardzo dokładnie sprawdzone po transporcie (zwłaszcza po dziurawych polskich drogach) i napełnione olejem.



Następuje „uzbrojenie” elementów uzdatniania sprężonego powietrza, równolegle trwają prace elektryczne



(podłączenie i skonfigurowanie mikroprocesorowego systemu sterowania oraz zasilania energetycznego).



Wtorek rano: system gotowy do uruchomienia. Widok od frontu (nawet rozdzielnica przybiera barwy sprężarek) i zaplecza: są tu wszystkie elementy nowoczesnego rozwiązania, ener-



gooszczędne sprężarki łopatkowe Gardner Denver WITTIG GmbH, zoptymalizowane pod względem oporów przepływu indywidualne separatory cyklonowe, filtry (procesowy i dokładny), osuszacz ziębniczy „Ultra-pulse”, separator kondensatu, a nawet przepływomierz.



Po uruchomieniu nowego systemu zasilania stary zostaje odłączony. Kolejne trzy zdjęcia to już historia. „Stare” sprężarki łopatkowe wraz z uzdat-



nianiem zostały zdemontowane i wywiezione w środę rano.



Najlepsze rozwiązanie, zgodnie z początkową tezą, wyparło lepsze.



Widok z „lotu ptaka”: ostatnie chwile, gdy oba systemy egzystują razem. Potem już jest miejsce tylko na najlepszy.

Fragmety wykonania instalacji powietrznej. Kryterium energooszczędności, celowości inżynierskiej, ergonomiczności i doskonałości wykonania to za mało,



przy naszych instalacjach nie ma miejsca nawet na nieestetyczny wygląd.

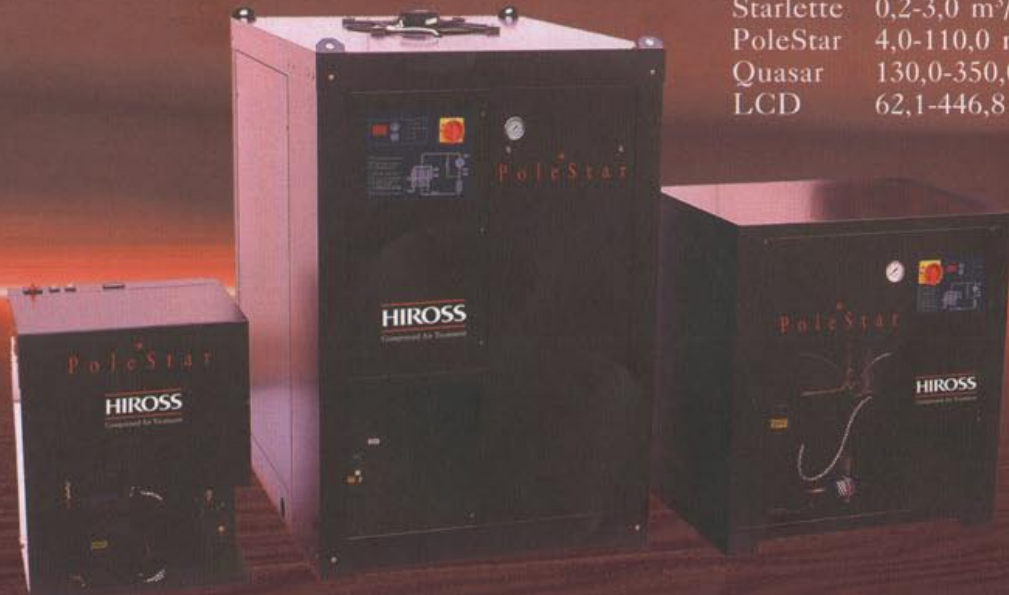
In-Tech

Fotografie – głównie Wojciech Kwaśnicki, tekst – głównie Andrzej M. Araszkiewicz

HIROSS

Compressed Air Treatment
Osuszacze chłodnicze

Starlette	0,2-3,0 m ³ /min
PoleStar	4,0-110,0 m ³ /min
Quasar	130,0-350,0 m ³ /min
LCD	62,1-446,8 m ³ /min



dh Group Polska Sp. z o.o., ul. Ryżowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68, e-mail: info@dhgroup.pl

Wyniki obliczeń numerycznych parametrów termodynamicznych wymiany ciepła i masy w chłodni wentylatorowej

Jerzy K. Mikołajczak

Przemysłowe systemy wody chłodniczej, wykorzystywane między innymi do chłodzenia dużych sprężarek powietrza, często współpracują z chłodniami wentylatorowymi. W poprzednich artykułach (patrz wykaz literatury) przedstawiono model matematyczny wymiany ciepła i masy procesu zachodzącego w wypełnieniu chłodni wentylatorowej.

W niniejszym artykule omówiono zarys rozwiązania numerycznego tego modelu oraz przedstawiono i scharakteryzowano wyniki obliczeń numerycznych. Wyniki te wskazują, w jakim stopniu poszczególne zadane parametry procesu chłodzenia wpływają na jego efektywność.

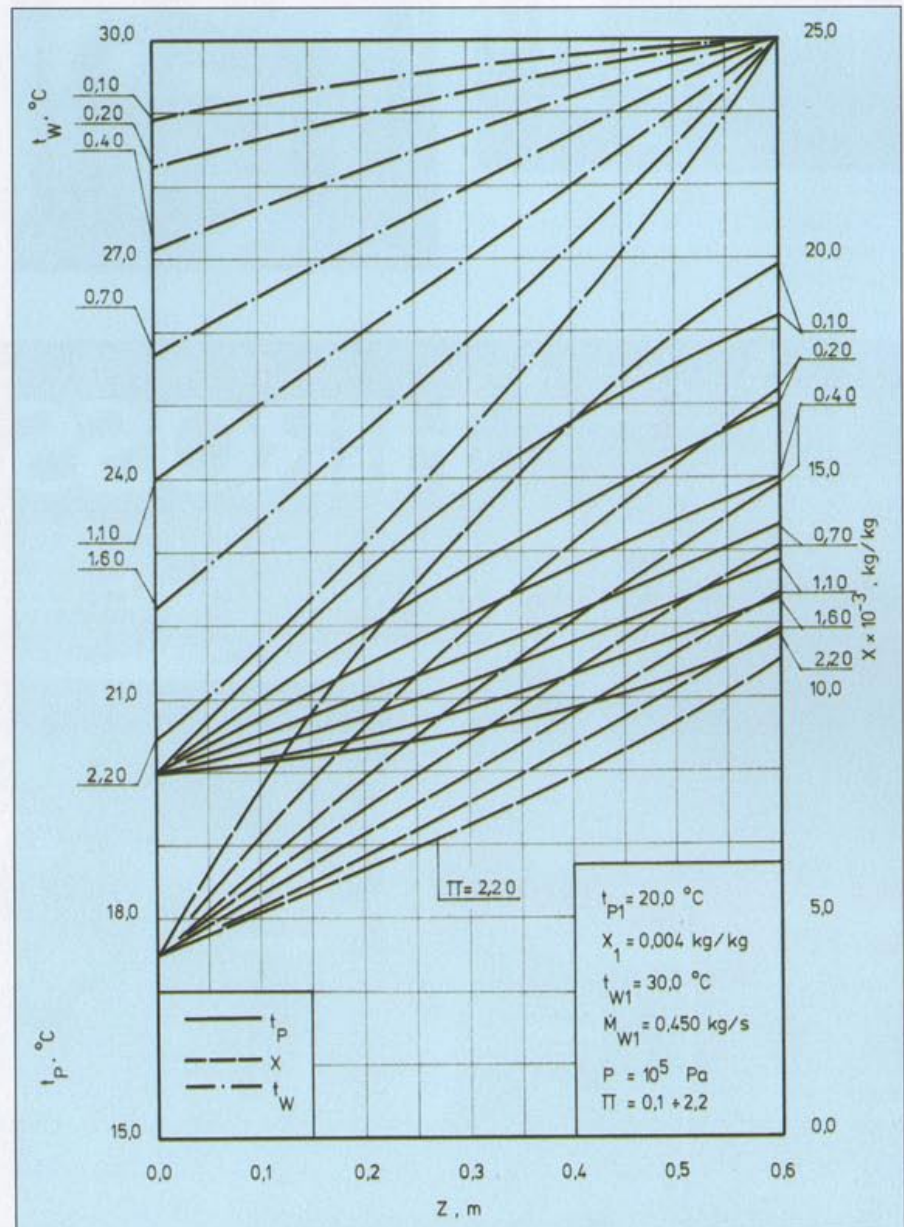
Zarys rozwiązania numerycznego

Układ równań modelu matematycznego (48) i (49) [4] rozwiązano numerycznie. Rozwiązanie numeryczne układu równań różniczkowych nie przedstawia dużych trudności. Szeroko znane i ogólnie dostępne są bowiem metody całkowania numerycznego.

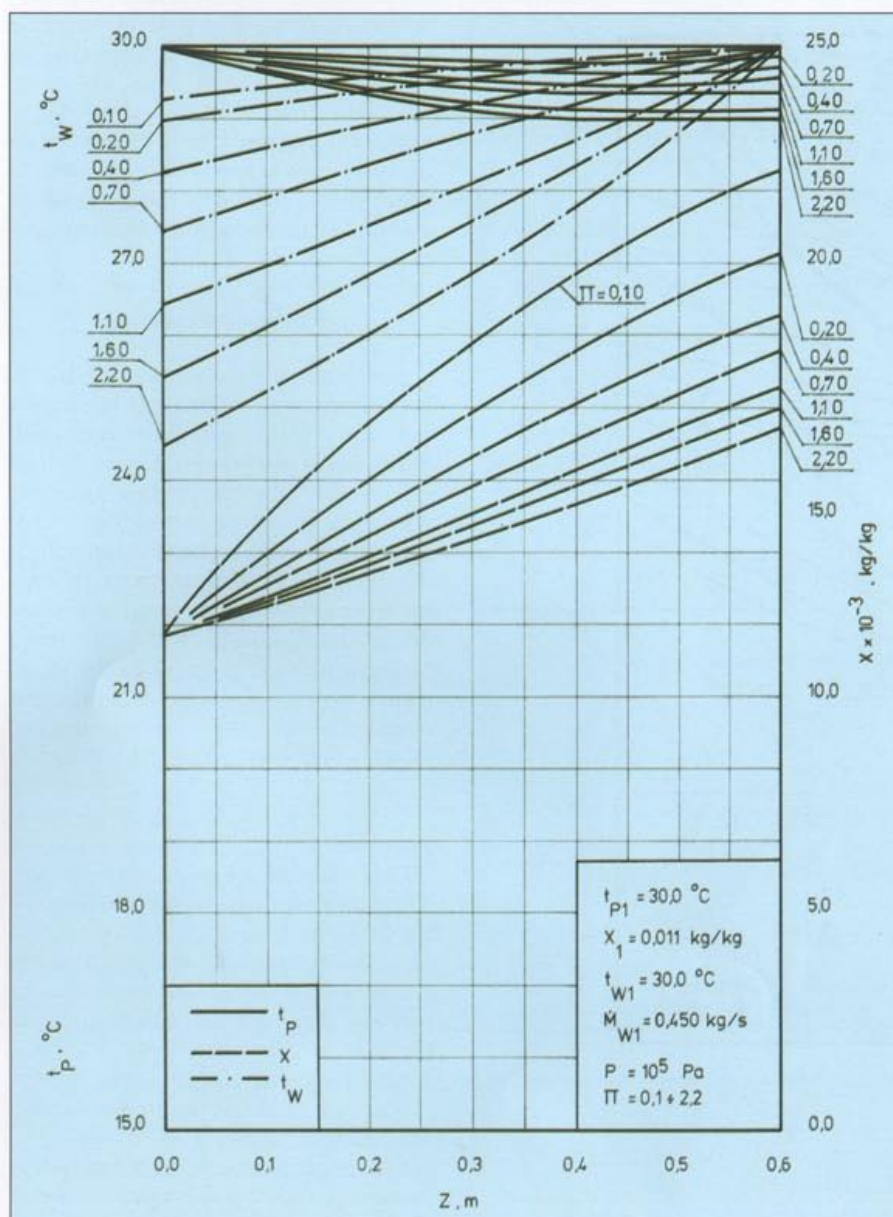
Obliczenie procesu równoczesnej wymiany ciepła i masy wymaga przybliżonego rozwiązania konstrukcyjnego wypełnienia. Zadane muszą być podstawowe parametry geometryczne wypełnienia w postaci: liczby zwojów, wymiaru wysokości całkowitej oraz pola powierzchni przekroju przepływowego określonego średnicą zewnętrzną i wewnętrzną wypełnienia. Niezależnie od tego konieczna jest znajomość parametrów termodynamicznych stanu powietrza i wody przed wypełnieniem, a także początkowych strumieni ich masy.

Ogólnie rzecz biorąc rozwiązanie zadania polega na wyznaczeniu wartości poszczególnych wielkości, w granicznych przekrojach przepływowych wypełnienia, przy zadanej

jego powierzchni lub powiązanej z nią wysokości. W wyniku ostatecznego rozwiązania otrzymuje się dodatkowo numeryczne profile zmiennych, których analiza może niejednokrotnie do-



Rys. 1 Zmiany temperatury wody, temperatury i wilgotności właściwej powietrza w funkcji wysokości przekroju przepływowego wypełnienia dla $\dot{M}_{w1} = 0,450 \text{ kg/s}$, $t_{w1} = 30,0 \text{ °C}$, $t_{p1} = 20 \text{ °C}$, $X_1 = 0,004 \text{ kg/kg}$



Rys.2 Wpływ wysokości przekroju przepływowego wypełnienia na temperaturę wody, temperaturę i wilgotność właściwą powietrza przy $\dot{M}_{w1}=0,450$ kg/s i $t_{w1}=30,0$ °C, $t_{p1}=30$ °C, $X_1=0,011$ kg/kg

prowadzić do ciekawych wniosków praktycznych.

Ze względu na przeciwne kierunki przepływu strumienia powietrza i wody rozwiązanie końcowe układu równań można otrzymać jedynie drogą wielokrotnego rozwiązywania zagadnienia początkowego. Nie wiadomo w jednym z granicznych przekrojów przepływowych wypełnienia, dobiera się w określony sposób do warunków początkowych. Następnie koryguje się uprzednio przyjęte wartości, przy wykorzystaniu na przykład, metody poszukiwań prostych ze zmiennym krokiem, aż do uzyskania założonej dokładności między wartościami rzeczywistymi a założonymi w

drugim granicznym przekroju przepływowym wypełnienia.

Przystępując do obliczeń, nie znamy wartości ani wilgotności właściwej X_1 ani entalpii właściwej H_{p1} strumienia powietrza dopływającego do wypełnienia. Obliczenia należy zacząć zatem od określenia wartości tych wielkości. Wielkość X_1 wyznacza się na podstawie zależności (23) [4], wielkość H_{p1} zaś na podstawie wzoru (9) [3]. Po wykonaniu tych czynności przystępuje się do rozwiązania układu równań modelu.

Jak już wspomniano, rozwiązanie układu równań różniczkowych sprowadza się do wielokrotnego rozwiązywania zagadnienia początkowego.

Znane są początkowe parametry stanu powietrza i wody, jak również ich początkowe strumienie masy. Są one jednak zadane w obu granicznych przekrojach przepływowych wypełnienia. Należy zatem wstępnie założyć końcowe parametry stanu jednego lub drugiego czynnika. W niniejszym rozwiązaniu zakładano końcową temperaturę wody i jej końcowy strumień masy.

Wartości liczbowe ciepła właściwego powietrza suchego i pary wodnej przy stałym ciśnieniu oraz ciepła właściwego wody przyjęto jako stałe, równe odpowiednio

$$C_{pp} = 1,006 \text{ kJ}/(\text{kg K})$$

$$C_{pv} = 1,861 \text{ kJ}/(\text{kg K})$$

$$C_w = 4,196 \text{ kJ}/(\text{kg K})$$

Wartości liczbowe ciepła parowania w temperaturze 273 K i stałej LEWISA przyjęto równe

$$L_e = 0,865$$

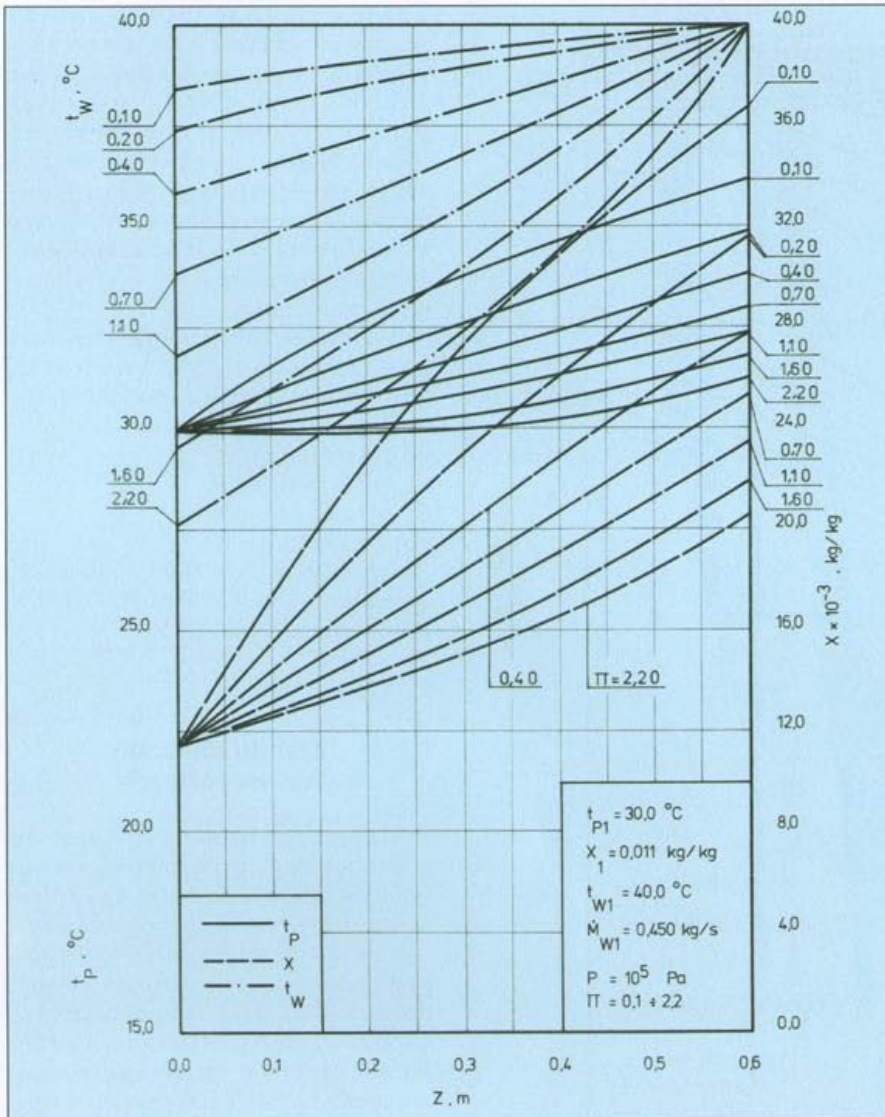
$$L_0 = 2501 \text{ kJ}/\text{kg}$$

Wyniki obliczeń numerycznych

Rys. 1 przedstawia zmiany parametrów termodynamicznych stanu powietrza i wody w zależności od wysokości przekroju przepływowego wypełnienia. Cechą charakterystyczną wykresów przedstawionych na rysunku są stałe początkowe wartości temperatury powietrza – $t_{p1} = 20,0$ °C, jego wilgotności właściwej – $X_1 = 0,004$ kg/kg i strumienia masy wody – $\dot{M}_{w1} = 0,450$ kg/s. Stosunek strumieni masy powietrza i wody przyjmuje wartości $\Pi = 0,1-2,2$ zaś początkowa temperatura wody wynosi $t_{w1} = 30,0$ °C.

Na rysunku 2 przedstawiono analogiczne zależności dla stałej temperatury początkowej powietrza, jego stałej początkowej wilgotności właściwej i stałego strumienia masy wody. Wartości tych wielkości wynosiły odpowiednio: $t_{p1} = 30,0$ °C; $X_1 = 0,011$ kg/kg i $\dot{M}_{w1} = 0,450$ kg/s. Podobnie jak poprzednio stosunek strumieni masy zmieniał się w granicach $\Pi = 0,1-2,2$, zaś temperatura początkowa wody miała wartość $t_{w1} = 30,0$ °C.

Rys. 3 ilustruje zależność parametrów stanu powietrza i wody w funkcji wysokości przekroju przepływowego wypełnienia. Wartości początkowych parametrów stanu powietrza i strumienia masy wody kształtowały się na tym samym poziomie co poprzednio. Zmianie uległa jedynie początkowa temperatura wody. Jej wartość w tym przypadku wynosiła $t_{w1} = 40,0$ °C, zaś



Rys. 3 Wpływ wysokości przekroju przepływowego wypełnienia na temperaturę wody, temperaturę i wilgotność właściwą powietrza przy $M_{w1} = 0,450 \text{ kg/s}$ i $t_{w1} = 40,0 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{p1} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $X_1 = 0,011 \text{ kg/kg}$

Oznaczenia i wymiary ważniejszych wielkości

- A – pole powierzchni swobodnego przekroju przepływowego wypełnienia, m^2
- C – ciepło właściwe, $\text{kJ}/(\text{kg K})$
- C_p – ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu, $\text{kJ}/(\text{kg K})$
- H – entalpia właściwa, kJ/kg
- L – ciepło parowania, kJ/kg
- \dot{M} – strumień masy, kg/s
- N – liczba zwojów wypełnienia
- P – ciśnienie, Pa
- T – temperatura względna, $^\circ\text{C}$
- Z – wysokość zwojów wypełnienia, m
- X – wilgotność właściwa, kg/kg
- Π – stosunek strumienia masy powietrza do strumienia masy wody

Wykaz stosowanych indeksów

- O – wartość w temperaturze 273 K
- P – powietrze, powietrze wilgotne
- W – woda
- 1 – wartość początkowa
- 2 – wartość końcowa

Bezwymiarowe liczby podobieństwa

- Le – liczba Lewisa

stosunek strumieni masy powietrza i wody utrzymywany był w tych samych granicach.

Należy nadmienić, że wszystkie obliczenia, na podstawie których zbudowano powyższe wykresy, zostały przeprowadzone dla stałej wartości ciśnienia całkowitego powietrza równego $P = 10^5 \text{ Pa}$.

Podsumowanie

Z porównania przedstawionych wykresów wysnuć można ogólny wniosek, że wszystkie parametry termodynamiczne stanu powietrza i wody oraz strumienie ich masy mają znaczny wpływ na przebieg samego procesu, a przede wszystkim na stopień ochłodzenia wody. Przy tym samym stosunku strumieni masy powietrza i wody decydującego znaczenia w przebiegu procesu nabiera początkowa temperatura wody. Nie bez znaczenia jest również początkowa temperatura powietrza i jego wilgotność właściwa.

Literatura

- [1] Mikołajczak J.K.: Chłodnie wentylatorowe w systemach sprężonego powietrza. *Pneumatyka* 6/2004.
- [2] Mikołajczak J.K.: Wymiana ciepła i masy w wypełnieniu chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 1/2005.
- [3] Mikołajczak J.K.: Model matematyczny wymiany ciepła i masy w wypełnieniu chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 5/2005.
- [4] Mikołajczak J.K.: Obliczanie parametrów termodynamicznych wymiany ciepła i masy w chłodni wentylatorowej. *Pneumatyka* 6/2005.

Jerzy K. Mikołajczak

Katedra Klimatyzacji i Ciepłownictwa
Politechnika Wroclawska

Abstract

The numerical results of the thermodynamic parameters of heat and mass transfer in cooling tower

The outline of the mathematical model of heat and mass transfer occurring in the fulfillment of the cooling tower was discussed. The numerical results were described and characterized.

No-Moving-Part Microfluidic Devices with Operation Assisted or Driven by Pressure action

Václav Tesař, Kazimierz Peszyński

Microfluidic devices are characterized by their small size. Although this does not necessarily mean operation at a low Reynolds number, there is a general trend towards low Re , associated with decrease of effectiveness of inertial effects, upon which the operation of the large scale no-moving-part fluidic devices is based. A solution is to drive the microfluidic flows by the electro-osmotic phenomena, but this is not applicable with gas or non-polar liquids. The other alternative are pressure-driven flows. The usual layout uses a constant driving pressure difference. In practice, this is obtained by restricting the fluid flow escape from the devices through their vents. Evaluation of the conditions is facilitated by employing a dimensionless pressure parameter (the „Tesar number” [13]). This quantity makes possible a spectrum of interesting uses and interpretations.

Introduction

Microfluidics - management of fluid flows at a small scale - is currently in the focus of attention, cf. e.g. [1]. Its tasks and in fact the very meaning of the term are often interpreted very widely, but in its basic sense it is an extension of fluidics, the art of no-moving-part flow generation and control [3, 9] to sub-millimetre range of device characteristic dimensions.

The decrease in scale was initially not associated with a change of the operating principles. Successful microfluidic amplifiers, oscillators, mixers, separators, and other devices are described in literature as simply sca-

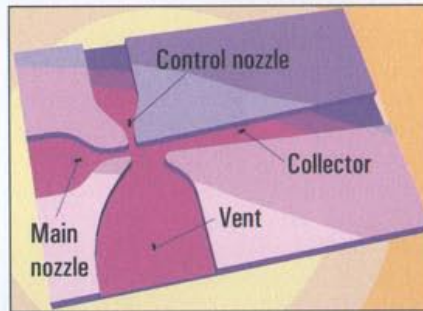


Figure 1 An example of a simple fluidic valve with the four basic terminals

led down versions of earlier large-scale fluidic counterparts. Nevertheless, there is a characteristic trend towards

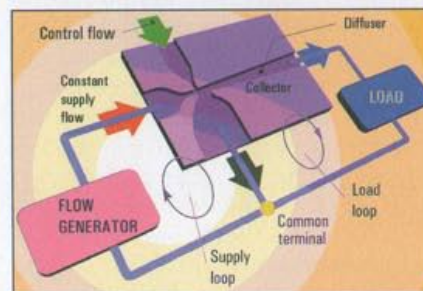


Figure 2 A typical use of the valve from Fig.1 for flow rate control (by-pass mode) in a load. Note that the pressure drop across the load is essentially equal to the pressure rise in the diffuser of the collector

smaller scales where the operating principles cease to work properly. The first encountered difficulties were in the somewhat special area of mixers: in their traditional form, fluidic mixers

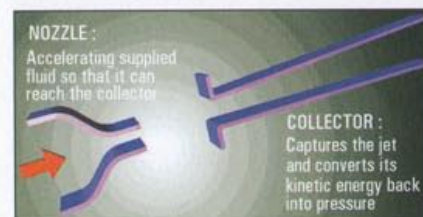


Figure 3 The essential problem in the fluidic jet-type devices is to get the fluid from the nozzle into the collector - with sufficient energy. At high Re this is achieved employing the inertia of the fluid accelerated in the nozzle

rely upon the randomizing effect of turbulence, which ceased to be effective [6, 7] as the scaling down resulted in decreasing values of the Reynolds number - in fluidics traditionally computed as

$$Re = \frac{wb}{\nu} \quad (1)$$

from the main nozzle exit velocity w , its width b , and fluid viscosity ν . If decreases below about 1 500, the cha-

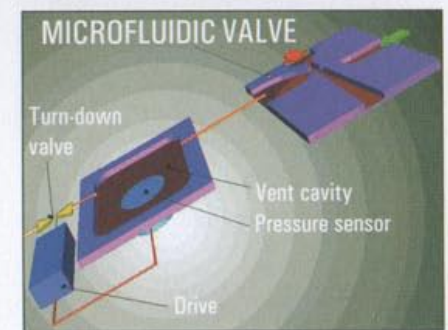


Figure 4 In the „pressure assisted” or „pressure driven” regime the fluid is forced into the output terminal by restricting its spillover flow into the vent. This, however, makes the control action more difficult

racter of fluid flow changes from turbulent to laminar, which does not necessarily endanger the applicability of the basic operating principles of fluidic devices, but makes them generally less effective. In the absence of a mechanical component or inhibiting or allowing the fluid flow, fluidic flow control relies on inertial effects in the fluid. Reynolds number, however, may be interpreted as the ratio of inertial (kinetic) and viscous effects acting on the fluid [2, 4]. If its further decrease reaches values below about 300, the viscous damping becomes dominant and the inertial phenomena cease to be useful. Different operating principles, characteristic for microfluidics, then have to be used. One possibility, applicable in polar liquids (like water) utilizes the electrical charge present due to dissociation of disso-



Figure 5 Improvement of efficiency of the control action may be obtained by inclining the control nozzle against the supply flow from the main nozzle

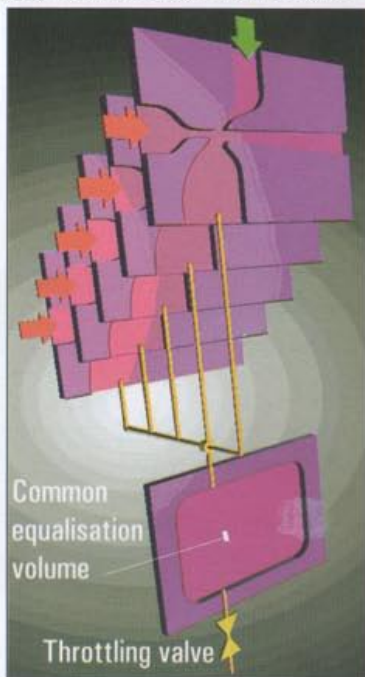


Figure 6 Special (but often encountered) microfluidic sampling or sequencing circuits - with identical valves a constant number of which is in the „CLOSED” state at any time - suffices with a simple passive throttling of the common vent



Figure 7 Important development step in the history of pressure-driven microfluidic valves was the introduction of the „nose” in the inclined control jet devices, achieving the double purpose preventing „short-circuiting” flow into collector entrance and enhancing the control effect by jet pumping

lved salt molecules. The fluid is driven by electro-osmosis by voltage difference applied between electrodes. The other alternative, more widely applicable, depends on classical hydrodynamic effects: the flows are assisted or downright driven [15] by applied pressure difference.

No-moving-part valves

The spectrum of tasks the fluidic devices can perform is extremely wide. The attention here is concentrated on the most often encountered task: control of flow rate. This is done by fluidic flow control valves of which Fig. 1 presents an example - the simplest case having all four basic terminals (simpler valves with fewer terminals exist but would make the description less general). The valve is characteristically of planar shape, with cavities of constant depth, usually made by etching.

The valve, as shown in Fig. 2, is placed between the fluid source and the device in which the fluid flow is to be controlled. For example in microchemical fluidics the load may be one in a series of parallel microreactors supplied by reactants from a common micropump source: the valve is used to adjust the required reactant flow rate to fit the instantaneous reactor operating conditions. On the other hand, the same microreactor (with its supporting upstream circuits) may be the fluid source in another flow control example where the valve determines delivery of a reaction product into a composition analyser, which represents the load. The control may be either „ON-OFF” or continuous

The discussed valves are of the jet type. The fluid supplied from the source issues from the main nozzle in the form of a jet. This traverses the more or less open space between the nozzle and the collector, which captures at least a part of the jet and re-converts it back into closed-conduit flow. In large-scale fluidics, an indispensable part of the collector is a diffuser in which pressure rises at the expense of decreasing kinetic energy of the captured flow - Fig. 3. The losses in the outer parts of the circuit (outside the valve and load) are usually small (the channels are given ample cross sections) so that as a rough guide the pressure drop available for driving the fluid through the valve equals the diffuser pressure rise.

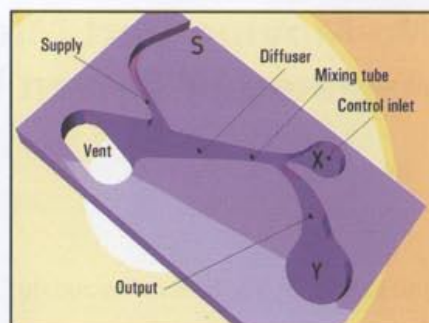


Figure 8 Microfluidic valve with full-fledged integral jet pump

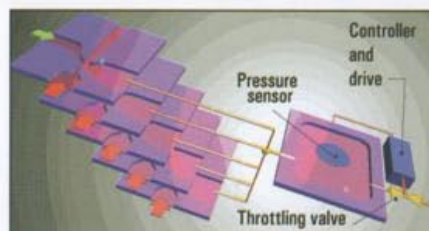


Figure 9 A pressure regulator is needed for maintaining the constant driving pressure in all mutually independently controlled valves of a microfluidic system

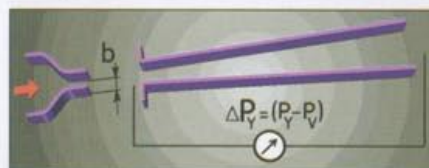


Figure 10 The driving pressure across the collector that is kept constant in most embodiments of the pressure-driven valve idea (although what the pressure regulator often actually maintain constant includes also the pressure drop across the load)

The flow control in the valve shown here is in the by-pass mode. No turning down takes place: the superfluous fluid is diverted through the vent into the common terminal (common to both supply and load loops - in pneumatic systems working with air this may be represented by the atmosphere). The control action takes place between the nozzle exit and the collector entrance. It causes a deflection of the jet so that it is aimed away from the collector entrance. In the large-scale fluidics, the jet is often held deflected by the Coanda effect [3] to save the applied control power. This is, however, ceases to be applicable at low. With the decreasing typical for modern microfluidics, the friction forces in the fluid tend to overcome the inertia of the fluid jet so that it reaches the collector entrance with insufficient convertible kinetic energy. Also the

diffuser conversion efficiency deteriorates at low. The available output pressure becomes too small to provide the required flow through the load.

Pressure assisted operation

The inferior operation, characterized by the small kinetic energy of the jet and the increased friction resistance of the collector as well as load, becomes apparent: too much fluid leaves the valve through the vent terminal even at zero control flow.

One quite reasonable possibility for restoring the proper magnitude of the output flow is to increase the pressure in the vent terminal. This also creates higher available pressure in the output required for driving the flow through the load. If the conditions in the valve are computed by numerical solution of the internal flowfield, the higher vent terminal pressure is simply inserted as a boundary conditions. What can be done to obtain these conditions in real fluidic circuits? In fact the answer is relatively simple. The valve designer can:

- Decrease the nozzle-to-collector distance (to suppress the energetic loss in the jet by its mixing with outer fluid), or
- Restrict the cross section of the vent terminal (to make the spillover flow into the vent less easy.

Both measures increase the pressure at the collector entrance and hence provide the desirable driving pressure difference. Unfortunately, both make it more difficult to perform the control action. It becomes more difficult to deflect the jet sufficiently on its short path and the increased resistance of the vent makes it more difficult for the diverted fluid to leave the valve. If the cross-sectional restriction is really considerable (as it is indeed to obtain a significant effect at a small Re below about 100), it is not uncommon to find a surprising reversal of the control effect: the admitted control fluid finds it also easier to leave the valve through the collector rather than through the very restricted vent. Instead of the expected decrease the output flow rate tends (at least initially, before the control flow obtains a large momentum) to increase with increasing control flow rate.

A simple partial closure of the accessible vent path by a fixed cross-sectional restriction would cause other unwelcome consequent pressure va-

Characterisation number Te

$$Te = \frac{2 h |\Delta P_y| b^2}{\circ M_s \nu}$$

ΔP_y [Pa] ... driving pressure drop
 $\circ M_s$ [kg/s] ... supply mass flow rate
b [m] ... nozzle exit width
 ν [m²/s] ... viscosity
h [m] ... height (depth of cavities)

**Alternative expression
for incompressible flows**

$$Te = \frac{2 h v \Delta P b^2}{\circ V \nu}$$

ΔP [Pa] ... pressure drop
 $\circ V$ [m³/s] ... volume flow rate
b [m] ... nozzle exit width
h [m] ... height of cavities
 ν [m²/s] ... viscosity
v [m³/kg] ... specific volume

Figures 11, 12 Dimensionless parameter which was introduced in 2000 [14] as a useful measure of the applied driving pressure difference (Note: presence or absence of the absolute value in the formula is a matter of how the pressure difference is defined)

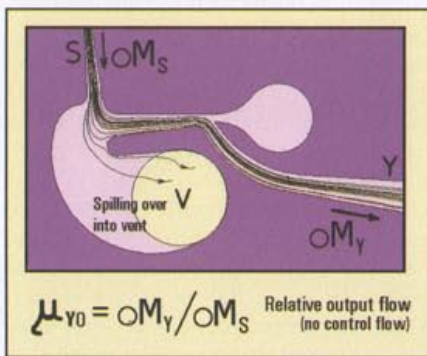


Figure 13 Definition of the relative output flow in the zero control „OPEN” state and computed pathlines in this state in the sampling unit valve developed recently (Dr. Tippetts, Univ. of Sheffield) for use in microchemistry [9, 12]

riations in the overall fluidic system circuits. In view of the fact that in the context of MEMS it is no difficult task to provide a pressure sensor and a sim-

ple controller, the pressure assisted and pressure driven valves usually assume an adaptive solution (Fig. 4) – in effect a variable cross-section restrictor – with regulated constant pressure difference.

Enhanced control

If the operating Reynolds number is not very small so that the assisting pressure difference is not high (precise meaning of what is „high” in this context will be given below in association with the introduced parameter Te), the remedy may be just in increased efficiency of the deflecting action of the control flow. Decreasing the width of the control nozzle may help, but the opportunities in this direction are limited by the maximum aspect ratio h/b of channels that may be produced by the currently standard isotropic etching manufacturing method. Etched plates may be stacked to obtain quite high aspect ratio, but this complicates the manufacturing by another unwelcome (expensive) step - the assembly operation. Some helpful effect is obtained by inclining the control nozzle, Fig. 5.

Figure 6 shows this type of the flow control valves used in a sampling unit [12]. In that application, a large number of valves operates in parallel, with only one of them at any time in the „OPEN” state with no control flow acting. This constancy of the total control flow (as well as, of course, supply flow into the main nozzles) makes the task of designing the pressure driven microfluidic system particularly simple: a constant cross-section restrictor (as opposed to the regulated one in Fig. 4) common for all vent terminals provides the desired solution.

Since the control flow has to oppose the driving pressure effect, the simple opening of the space opposite to the control nozzle exit, standard in large-scale fluidics, was found deficient when used with the inclined control nozzle, as it allows ingestion of the vent fluid into the collector entrance in the very neighbourhood of the control flow flowing in the opposite direction. A significant improvement was attained by the seemingly minor detail of the added „nose”, Fig. 7. Because of the not insignificant power requirements on the control flow, its typical Reynolds numbers are usually quite high. In the arrangement shown in Fig. 7, the channel formed by the addition

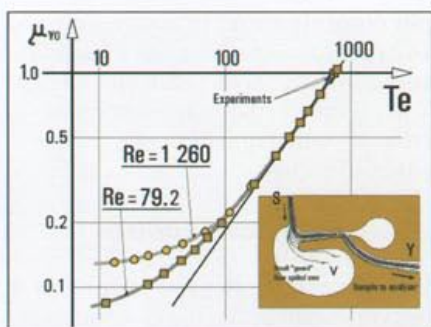


Figure 14 An example of the dependences of the relative output flow (at zero control flow) Fig. 9 on the „Tesaø number” at a constant supply flow (eq. (1)) Reynolds number - for the valve [12] as shown in Figs. 9 and 12. Data mainly from CFD solutions, well supported by some experimental results

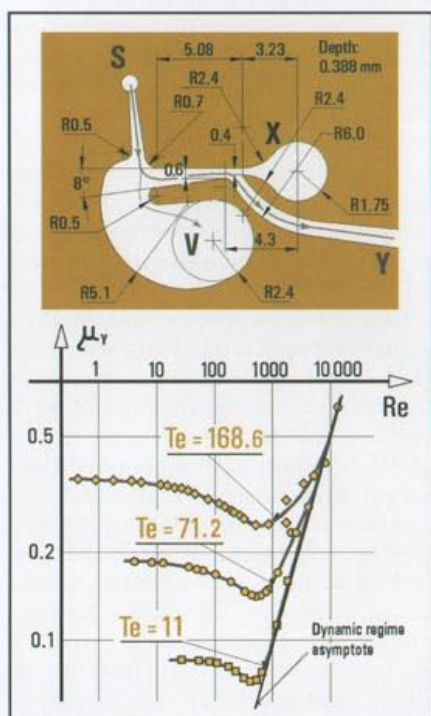


Figure 15 Another aspect of the dependence from Fig. 13: CFD computed dependences of the relative output flow on the supply Reynolds number at constant values of the pressure parameter Te

of the „nose” corresponds to the mixing tube of classical jet pumps: entrainment into the control flow there generates a pressure effect in the output collector acting opposite to the direction of the output flow. This jet pumping was found to be of considerable importance for obtaining the desirable decrease of the output flow. Of course, with the rather vestigial jet pump (no downstream diffuser) the effect is felt but cannot be decisive. In the recently developed sampling unit

[12] there were 16 valves (operating in the pressure driven mode according to Fig. 6) relying wholly – similar as the valve in Fig. 8 – on an integral jet pump built into each valve.

If there is no easy way of predicting in advance the total strength of the control flows, the pressure driving shall require the regulated approach, similar to Fig. 4. It is, however, generally possible to suffice with just a single common pressure regulator in the common outlet of all vents from the valves in the system, Fig. 9.

Dimensionless pressure parameter

The task of adjusting the driving pressure – perhaps by setting up the pressure regulator in Fig. 9 – is generally not simple, especially as it may involve all the flows and jet-pumping effects in the whole system. Its understanding may be helped by formulating a general rule and this is best presented using dimensionless quantities (which decreases the number of the variables used in the formulation).

A new dimensionless parameter for this purpose was first introduced in 2000 in ref. [14]. It non-dimensional measured or computed pressure difference – Fig. 10 – which drives the fluid flow through the collector of the valve. The parameter was initially seen to be just a convenient tool for adjusting the conditions in microfluidic valves. Later, however, its deeper meaning became apparent, in fact commensurable with the quantity as essential as Reynolds number. The definitions in Figs. 11 and 12 assume a rectangular nozzle exit cross sections, which is anyway a standard in no-moving-part fluidics. The more universally valid form in Fig. 11 uses absolute value to handle the negative values. The expression in Fig. 12 was used in the computations described below, being sufficient for the discussed cases where compressibility may be neglected (the specific volume of the fluid may be then considered constant and the volume flow rate is used as the through variable).

The use and importance of the new parameter may be probably best explained on an example. The microfluidic valve shown in Fig. 13 and the top part of Fig.14 was developed recently by Dr. Tippetts at the University of Sheffield [12] for use in an application in microchemistry: an array

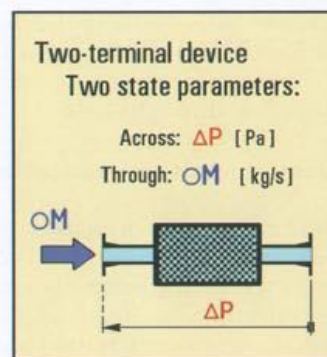


Figure 16 The simplest fluidic devices possess only one input and one output terminal. They also serve as useful elements for building equivalent circuits to model more complex devices. Note that power dissipated in the device equals the product of the two state parameters

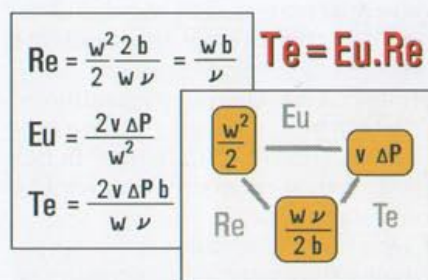


Figure 17 The parameter Te may be in a simplified manner described as a product of Euler and Reynolds numbers - producing an interesting expression for specific dissipated energy

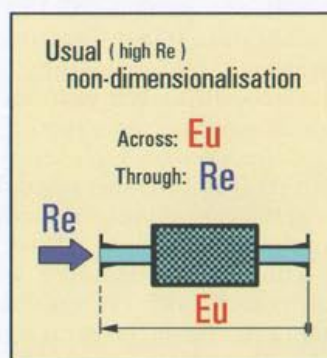


Figure 18 Non-dimensionalised description of a twoterminal device from Fig. 16

of these valves forms a sampling unit which selects a gas sample from catalyst testing microreactors for delivering it to an analyser [9]. The generation of the driving pressure operates basically according to Fig. 6. The valve itself uses the idea of suppressing the output flow by the flow reversal action the jet pump, similar as in Fig. 8. The valve is shaped between its con-

Another meaning of the characterisation number Te

$$Te = \frac{2v \Delta P_{OV}}{\nu h w^2}$$

= non-dimensional dissipated power ΔP_{OV}

Figure 19 Interpreting Te as a product of Eu and Re provides a meaning for Te as non-dimensionalised dissipated power

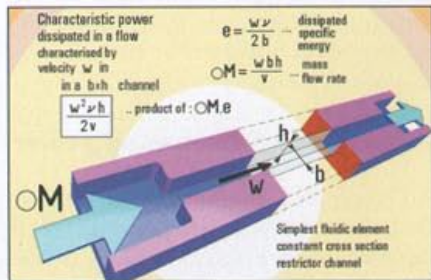
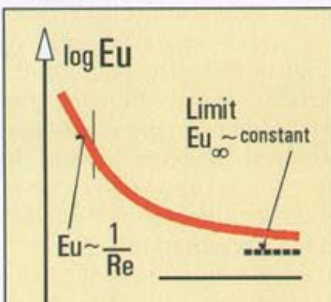


Figure 20 The reference value to which the power dissipated in a device is related in Fig. 19 is an idealized frictional loss in a constant cross-section channel (cf. Fig. 17)



trol inlet and the vent as a classical jet pump (with one-sided suction). It differs from the shape shown in Fig. 8 by the diffuser axis being bent backward. This has not important consequences and was dictated solely by the available space and locations of the terminals.

The quantity of interest in the experimental as well as numerical investigations of this valve was the relative output flow

$$\mu_y = \dot{V} / \dot{V}_S \quad (2)$$

(cf. also Fig. 13). The task is to ensure a sufficiently high value in zero control flow state. This has to be high enough to allow a significant reduction by the control action. Unfortunately, as discussed above, without driving pressure it decreases with decreasing Reynolds number so much that at the required operational Reynolds number $Re = 79.2$ the value was hopelessly low. The valve would be practically useless.

The improvement obtainable by the applied driving pressure difference ΔP_{rv} between the vent and output Y is essential for useful valve operation. It made possible reaching relative output flow as high as $M_{Y0} = 0.94$ which means that only 6 % spillover passes into the vent (Fig. 13) as the required „guard” flow protecting the sample purity [12]. The adjustment of the proper driving pressure difference ΔP_{rv} was facilitated by the diagram Fig. 14 in which it was plotted nondimensionalised as on the horizontal co-ordinate while the relative output flow (at zero control flow) M_{Y0} is on the verti-

Energy conservation integrated from (S) to (V)

$$\Delta P_p + \Delta P_k + E_{Us} \theta_{kV} = 0$$

pressure kinetic dissipated

$$v(P_1 - P_2) + \frac{w^2}{2} - \frac{w_2^2}{2} + E_{Us} \frac{w^2 v}{2} = 0$$

$$-v \Delta P_p + \frac{OM}{2} \frac{Mv^2}{v} \left(\frac{1}{Re} - \frac{1}{Re_2} \right) + E_{Us} \frac{OM Mv^2}{v} = 0$$

$\phi = E_{Us} / E_s$

$$Te_s - Re(1 - \phi^2) - E_{Us} Re = 0$$

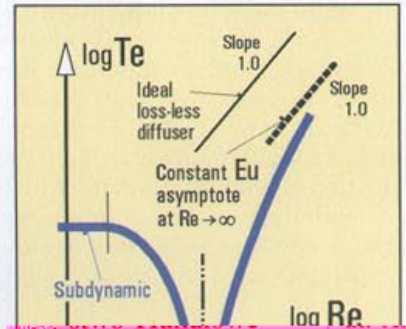
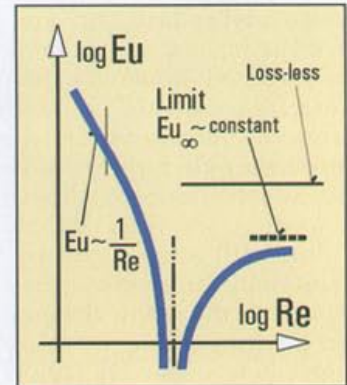
$$Te_s = (1 - \phi^2) Re + E_{Us} Re$$

Loss-less $Te_s = (1 - \phi^2) Re$

dimensionless variables

$Te_s = \frac{2 F_v \Delta P_{rv} b}{OM \nu}$, $Re = \frac{OM v b}{\nu}$

Figure 23 Te as a product of Eu and Re



					x				
					x				
10-417 Olsztyn					x				
62, 00-871 Warszawa	x				x	x			x

11.									
12.									

10-241 Olsztyn
ul. Towarowa 1
*ul. Żelazna 67

Another useful view of this problem may be gained from Fig. 15. In that case, computations were performed at constant (rather small) values of the pressure parameter. It was the supply flow Reynolds number that was varied. The response of the relative output flow $mY0$ is clearly different at large where the small applied pressure difference ceases to be of importance and all three computed examples tend to follow the common asymptotic line - and at small. There tends to become constant, -independent. The former is the standard regime, where the valve may be operated without the driving pressure. Of course, the shape (Fig. 13), is not very suitable for this operation mode, the collector being far away from the supply nozzle - which possesses no contraction. Nevertheless in principle a sufficiently high $mY0$ may be obtained using the kinetic energy of the jet leaving the supply channel.

More interesting is the latter, „subdynamic” flow regime [2], [12], [14] with self-similar flow patterns, practically uninfluenced by fluid inertia and dependent solely on the pressure driving effect. The existence of a clearly different regime at very low Reynolds numbers has been sometimes questioned - here, however, Fig. 15 demonstrates a well defined distinct critical transition Reynolds number (which may be defined at the minimum value attained with a given constant pres-

sure) and according to the final formula in Fig.34, the asymptotic value of the relative output flow is to be

$$\mu_1 = 0.124 \quad (7)$$

This value is in perfect agreement with the expected asymptote of the flowfield computations plotted in Fig.35. In a similar manner, excellent agreements were found for comparisons between other computed valve properties and the corresponding asymptotic relations.

Creeping flow

At very low Re, the equations governing fluid flows may be simplified by neglecting the inertial terms; the result are the classical Stokes’ equation [17] which govern also the subdynamic flows discussed here. They are often further reduced into equations of diffusion type by neglecting pressure forces – clearly outside of interest for the present pressure driven flows. More relevant is the classical study of flows between closely spaced parallel plates by naval architect Hele-

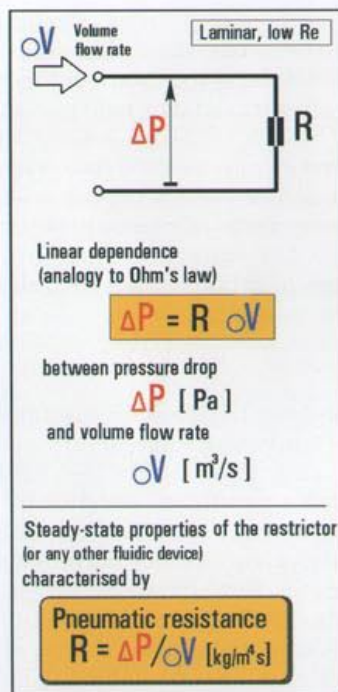
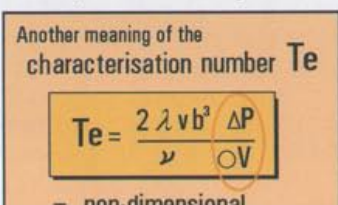


Figure 27 The concept of pneumatic resistance has been known but little used in fluidics. The main reason for its low popularity is the inconstancy of its value and dependence on the sort (and state) of the working fluid



The present paper summarises some of the interesting and useful possible interpretations of this quantity. Operating regimes of most valves are currently at higher than really subdynamic Re – nevertheless the relations developed from the subdynamic behaviour concept can provide an asymptotic reference quite useful for valve performance prediction.

Václav Tesař
Institute of Thermomechanics,
Academy of Sciences of the Czech
Republic

Kazimierz Peszyński
University of Technology and
Agriculture, Bydgoszcz, Poland

between the three forms of energy from Fig.17 – e.g. an acceleration in a nozzle is a conversion of the pressure energy into the kinetic one, with a part also irreversibly converted into dissipation. Based on this idea, Fig.17 also presents another alternative definition of the new parameter, which uses velocity w instead of the flow rate. According to Fig. 17, the three dimensionless parameters may be visualised as forming a tripartite system: on top characterises the ratio between the kinetic energy at left and the pressure energy at its right-hand side. These locations correspond to the three dimensionless numbers at the vertices tips of the triangle in Fig. 17.

A measure of dissipated power

An interpretation (somewhat simplified one in view of the more detailed derivations in Figs.23 and 26) of the meaning of follows from Fig.17:

$$Te = Re \cdot Eu \quad (5)$$

Since power (energy per unit time) dissipated in a fluidic device is the product of the two state parameters, specific energy drop and the mass flow rate, Fig. 16, and the characterisation numbers and are the corresponding dimensionless measures, then the product eq.(5) should have the meaning of dimensionless dissipated power. This interpretation is supported by re-arran-

[6] Tesař V., Loew Y.Y., eds. *Proceedings of the 10th International Symposium on Flow Visualization*, eds. Carlomagno G.M., Grant I., ISBN 0 9533991 1 7, paper No. 298, Edinburgh, August 2000.

[7] Tesař V., Loew Y.Y.: „Study of Shadow-Chamber Vortex Mixers for Microchemical Applications”, *Proc. of 9th International Symposium on Flow Visualization*, eds. Carlomagno G.M., Grant I., ISBN 0 9533991 1 7, paper No. 44, Edinburgh, August 2000.

[8] Tesař V., Loew Y.Y., Allen R.W.K., Tippetts J.R.: „MICROFLUIDICS FOR MEMS - Microfluidic Valve”, 2001 PIPCAST IV - *Proceedings of the 4th Pacific International Conference on Aerospace Science and Technology*, p. 301 - 306, Kaoshiung, Taiwan, May 2001.

[9] Wilkin O.M., Allen R.W.K., Maitland P.M., Tippetts J.R., Tesař V., Turner M.J., Haynes A., Pitt M.J., Loew Y.Y., Szwed B.: „High Throughput Testing of Catalysts for the Hydrogenation of Carbon Monoxide to Ethanol”, In: Derouanne E. et al.: „Principles and Methods for Accelerated Catalyst Design and Testing”, p. 299-303, ISBN 1-402007205, Kluwer Acad. Publishers, the Netherlands, 2002.

[10] Tesař V.: „Microfluidic Turn-down Valve”, *Journal of Visualization*, Vol. 13, No. 1, 2002.

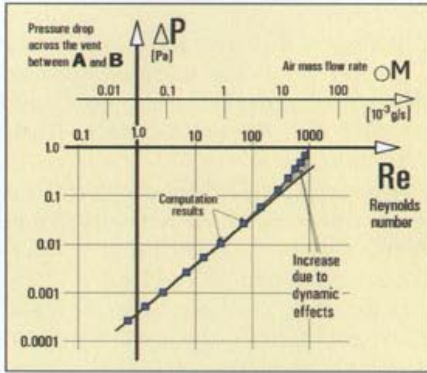


Figure 30 Computed pressure drops across the vent Fig. 29 used to evaluate its pneumatic resistance R with air

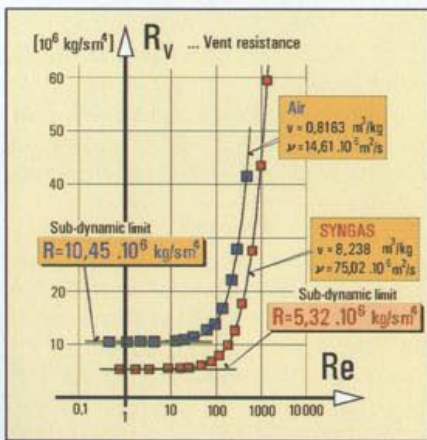


Figure 31 The computed resistance values of the vent Fig. 29 show the unpleasant strong dependence on working fluid and at Re if the devices is operated in the usual fluidic range

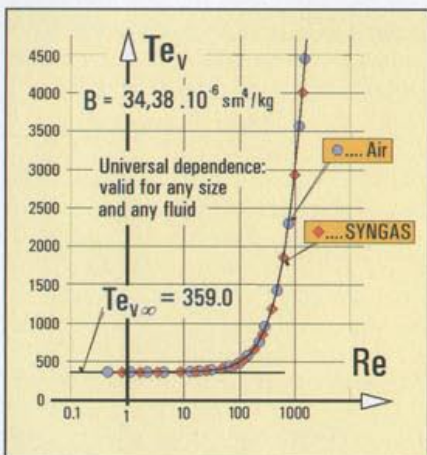


Figure 32 When converted using Te , the resistance values from Fig. 31 fit to a single curve with well defined constant sybdynamic asymptotic value Te_{∞}

number microfluidics, where the characterisation quantity becomes an invariant, so that a single scalar value – a number – suffices for a complete de-

scription (characterisation) of the device behaviour – Figs. 22, 25.

A similar constancy at very low values is known to exist for the pneumatic resistance, Fig. 27. This is a quantity which is much less useful in fluidics than its counterpart resistance defined by Ohm's law in electric circuits. The main reasons for the low acceptance are two-fold:

- the fluidic resistance is not a property of a devices, dependent as it is on the properties of the fluid, and,
- there is no analogy to the Ohm's law at high Reynolds numbers, the fluidic resistance is not an invariant.

Indeed, another re-arrangement of the definition of from Fig. 11, as presented in Fig. 28, shows that there is another interesting and useful interpretation of this parameter. It may be interpreted as a measure of the pneumatic (or hydraulic) resistance. As demonstrated in the example of computational determination of the resistance of one of the components of a microfluidic valve – the vent (Fig. 29) of the valves from Figs. 1 and 5 – the values in Figs. 30, 31, and 32 show that at very low Reynolds numbers in microfluidics the use of eliminates all the above mentioned problems. The simple numerical value in Fig. 32 suffices for a complete characterization of this valve component.

A similar computational exercise was performed for the collector of the valves from Figs. 1 and 5 (which is again identical in the two cases). The resultant dependence curve exhibits a shape according to Fig. 25, with the sign change, complicated however by the strong dependence of diffuser properties on the shape of the velocity profile of the captured jet. Nevertheless, in the subdynamic regime this question becomes irrelevant (no jet is formed) and a unique asymptotic value of the collector resistance for air flow is obtained, corresponding to.

There is the exceptional case of geometry in which the inertial effects disappear toe to the absence of fluid trajectory curvature: the developed flow in a constant cross-section channels. It its pure form this flow hardly exits: real channels are almost never sufficiently long and there are always inertial effects in the inlet and outlet. Nevertheless as a mathematical model this case is well known from textbooks: for the circular cross section the well known Hagen-Poiseuille „law” is equivalent to [13], Tesaf number value a constant, dependent only on the geometry (length and diameter).

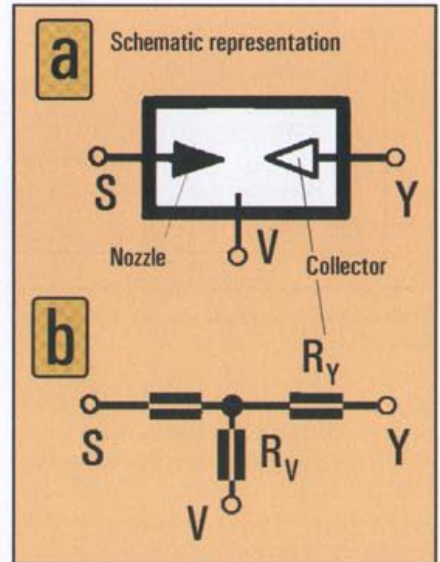


Figure 33 Schematic representation of the valve Fig.1 with inactive control terminal - a. In the subdynamic regime its behaviour (as well as that of the valves in Figs. 5, 7, 8, and 13) is represented by the equivalent circuit b consisting of non-interacting linear restrictors

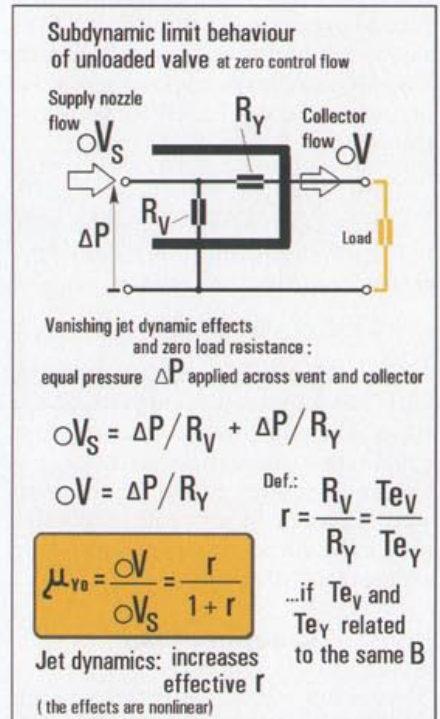


Figure 34 The expression for subdynamic asymptotic value of the relative output flow, as plotted in Fig. 14, is easily derived for the equivalent circuit Fig. 33

Asymptotic solutions for valve behaviour

Computed (or otherwise evaluated) characterisation parameters of the fluidic device components (treated as two-terminal devices, Fig. 18) make

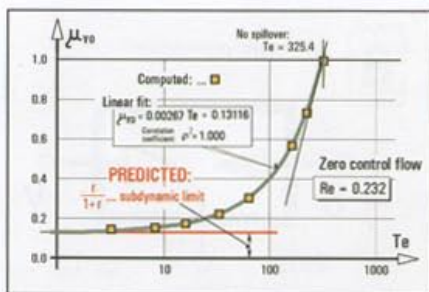


Figure 35 Computed values of the relative zero-control flow rate for the valve Figs. 1 and 5 compare well with the subdynamic asymptotic prediction using the expression Fig. 34, the vent resistance from Fig. 32 and a value for the collector resistance asymptote evaluated in an analogous manner to that in Fig. 32

it quite easy to evaluate the asymptotic properties of a device, approached as decreases.

As an example, Fig. 33 presents the simple non-interactive restrictors model of the valves from Figs. 1 and 5 for the nocontrol-flow conditions and Fig. 34 presents the derivation of the asymptotic relative output flow rate. The ratio of the corresponding values of the parameters T_e in this case is therefore

$$\mu_{Y0} = 0.00133T_e + 0.0622 \quad (3)$$

making the pressure adjustment quite easy.

It would be possible to obtain zero spillover $M_{Y0}=1,0$ with $T_e=705$. The requested is obtained with, the driving pressure difference then being

$$\Delta P_{YV} = 46,4 Pa \quad (4)$$

- where the negative sign of the result is due to the custom in fluidics to take the vent pressure as the reference value.

by gravity rather than pressure. These flows are collectively known as creeping flows – a term, however, hardly suitable for description of phenomena in microfluidic devices where, because of extremely short distances travelled by fluid in the valves, the processes (such as flow switching) are actually extremely fast, measured in milliseconds (and their fractions) – time scale being proportional to the square of size at a constant Stokes number governing the character of unsteady flows.

Conclusions

Principles of no-moving part fluidics, dependent upon fluid inertia, cease to be applicable at extremely low Reynolds numbers. Design of flow control valves there meets new challenges and calls for new approaches. One of them is the pressuredriven operating mode. The goal of scientific research is to identify the invariants of studied problems [19] and in pressure driven microfluidics, the search for invariants has led to discovery of interesting self-similar subdynamic flow regime with auto-modelling properties governed by the newly introduced pressure parameter T_e . The present

increase pressure at low Re) and the real values being lower than ideal pressure rise

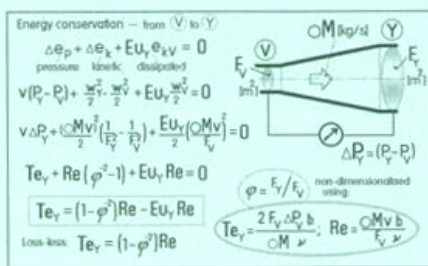
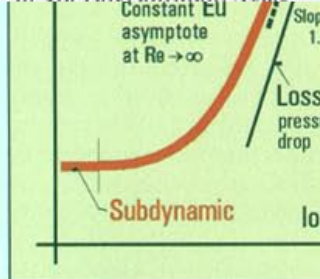


Figure 26 Derivation of the dimensionless characteristic Fig. 25 for a diffuser

References

[1] Stone H.A., Stroock A.D., Ajdari A.: „Engineering Flows in Small Devices: Microfluidics Toward a Lab-on-Chip”, pp. 381-411, Annual Review of Fluid Mechanics 2004.
 [2] Tesař V.: „Microfluidic Valves for Flow Control at Low Reynolds Numbers”, Journal of Visualization, Vol.4, No.1, p.51-60, ISSN 1343-8875.
 [3] Tesař V.: „Valvole fluidiche senza parti mobili” (Fluidic valves without moving components - in Italian), Oleodinamica - pneumatica, ISSN 1 122-5017, p. 216 - 223, No 3, Anno 39, Torino, Italy, March 1998.
 [4] Tesař V., Allen R.W.K., Tippett, J.R.: „MICROFLUIDICS – The Challenge of Low Re Flow Control”, FLUCOME 2000, Proc. of 6th Triennial International Symposium on Fluid Control. Measurement and Visualization (ed. Lanneville A.), ISBN 2 - 7622 - 0126 - 8, Paper 052, Sherbrooke, Canada, August 2000.
 [5] Tesař V.: „Fluidic Valve for Reactor Regeneration Flow Switching”, Chemical Engineering Research and Design, Trans. of the Inst. of Chem. Engrs, pp.1 - 11, Part A, Vol, 82 (A3), March 2004.
 [6] Tesař V., Tippett J.R., Low Y.Y.: „Oscillator Mixer for Chemical Microreactors” Proc. of 9th International Sym-



Figures 21 and 22 The standard dimensionalisation (left) of a device characteristic using Euler and (right) non-dimensionalisation using T_e which results in an invariant value in the microfluidic region of dynamic flow

[11] Tesař V.: „Fluid Plug» Microfluidic Valve for Low Reynolds Number Fluid Flow Selector Units”, *Journal of Visualization*, Vol. 6, No. 1, ISSN 1343-8875, p. 77 - 85, 2003.

[12] Tesař V., Tippetts J.R., Low Y.Y., Allen R.W.K.: „Development of a Microfluidic Unit for Sequencing Fluid Samples for Composition Analysis”, *Chemical Engineering Research and Design*, *Trans. of the Inst. of Chem. Engrs, Part A, Vol. 82 (A3)*, June 2004.

[13] Tesař V.: „New Fluid Flow Parameter - Its Meaning and Importance, in Particular for Microfluidics”, *Developments in Machinery Design and Control*, Vol. 3, Editor: K. Peszyński, ISBN 83-

89334-85-2, p. 67 - 86, University Press, University of Technology and Agriculture, Bydgoszcz, Poland 2004.

[14] Tesař V.: „Asymptotic Correlation for Pressure-Assisted Jet-Type Microfluidic Devices”, p.85-88, *Proc. of „Topical Problems of Fluid Mechanics 2000”*, ISBN 80-85918-55-2, February 2000.

[15] Tas N.R., Lammerink T.S.J., Berenschot J.W., Elwenspoek M.C., van den Berg A.: „Scaling Behavior of Pressure-Driven Micro-Hydraulic Systems”, *Proceedings of the 2002 International Conference on Modeling and Simulation of Microsystems*.

Nanotech Vol. 1, p. 174 - 177, ISBN: 0-9708275-7-1, 2002.

[16] Purcell E. M.: „Life at Low Reynolds number”, *Amer. J. Phys. Vol. 45*, p. 3-11, 1977.

[17] Stokes G.G.: „On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulums”, *Trans. of the Cambridge Phil. Soc. Vol. IX*, 1850.

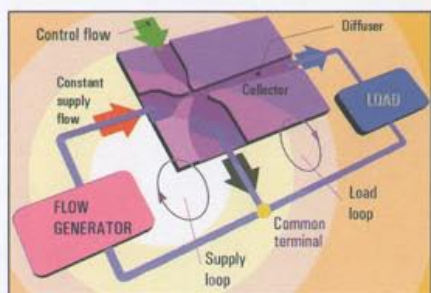
[18] Hele-Shaw, H.S.: „The flow of water”, *Nature*, Vol. 58, p. 33-36, 1898.

[19] Ibragimov N. Kh.: „Elementary Lie Group Analysis and Ordinary Differential Equations”, ISBN 0471974307, Chichester, New York, Wiley 1999.

Streszczenie

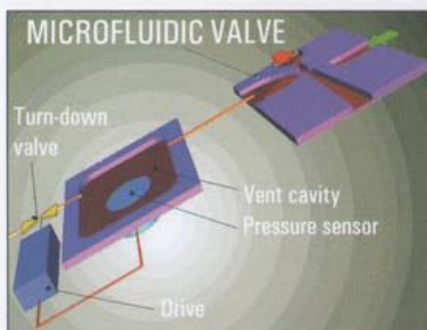
Urządzenia mikrostrumieniowe bez elementów ruchomych o działaniu wspomaganym lub sterowanym ciśnieniowo

Nowoczesna technika mikrostrumieniowa charakteryzuje się nie tylko małymi rozmiarami, ale również małymi natężeniami przepływu. Często, przykładowo w aplikacjach biologicznych lub podczas syntezy paliw, rów-



Rys. 2 Typowe zastosowanie prostego zaworu strumieniowego do sterowania przepływem w trybie bocznikowania load loop - pętla strumienia użytecznego, supply loop - pętla zasilania, control flow - strumień sterujący

nocześnie używane są płyny o dużej lepkości. W wyniku wymienionych okoliczności urządzenia mikrostrumieniowe działają w warunkach bardzo małych liczb Reynoldsa. Ponieważ liczbę Reynoldsa charakteryzuje stosunek sił bezwładnościowych do sił tarcia działających na cząsteczki płynu, działania związane z bezwładnością można wykorzystywać tylko w ograniczonym zakresie. Bezwładność



Rys. 4 W zaworze mikrostrumieniowym w reżimie „wspomagania ciśnienia lub „sterowane ciśnieniem” przepływ strumienia użytecznego jest wymuszony przez ograniczanie wypływu do kanału bocznikującego za pomocą odpowiedniego układu sterującego

strumieni płynu, która jest podstawą działania urządzeń strumieniowych (bez elementów ruchomych), w tych warunkach jest praktycznie niemożliwa do wykorzystania. Zjawiska bezwładnościowe są silnie tłumione stosunkowo dużymi siłami tarcia. Uniemżliwia to przykładowo aktywne wykorzystanie strumienia wypływającego z dyszy, który był podstawą projektowania typowych urządzeń w technice strumieniowej i siłowej technice strumieniowej (duże moce). Wobec powyższego poszukiwane są nowe zjawiska możliwe do wykorzystania, przykładowo elektroosmoza. Jeżeli

jednak konieczne jest pozostanie przy klasycznych zjawiskach hydromechanicznych, istnieje możliwość projektowania elementów mikrostrumieniowych w oparciu o to, że ruch płynów wywołany jest przez spadek ciśnienia, który zazwyczaj jest utrzymywany na stałej wartości przez regulator. Występujące procesy hydromechaniczne można wówczas opisywać wartością parametru T_c . Znaczenie i zastosowanie tego parametru jest podobne jak w przypadku liczby Reynoldsa, ale parametr ten określa stosunek sił ciśnieniowych i bezwładnościowych. Artykuł zajmuje się niektórymi interesującymi przypadkami interpretacji niedawno wprowadzonego parametru – przykładowo jako bezwymiarowego oporu podczas przepływu lub miary rozpraszanej mocy hydraulicznej.

Václav Tesař
Institute of Thermomechanics,
Academy of Sciences of the Czech
Republic

Kazimierz Peszyński
University of Technology and
Agriculture, Bydgoszcz, Poland



Sprężarki CRS 132



Mimo wzmożonej aktywności producentów zagranicznych, CompRot Sp. z o.o. od lat utrzymuje czołową pozycję w branży pneumatycznej i ochrony środowiska na rynku polskim. To zasługa nie tylko wysokiej klasy oferowanych produktów, ich trwałości oraz umiarkowanie niskich cen, lecz przede wszystkim stałej gotowości do dzielenia się z klientami naszą wiedzą i doświadczeniem.

Od roku 1991 produkujemy i dostarczamy urządzenia do sprężania powietrza i gazów:

- kompresory śrubowe olejowe z urządzeniami do kompleksowego uzdatniania powietrza;
- kompresory śrubowe bezolejowe – jako jedyny polski producent;
- kompresory do przetłaczania gazu ziemnego, biogazu itp.
- osłony i obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne dla wszelkiego typu urządzeń;
- komory kriogeniczne – nowy produkt z zakresu high-tech, opracowany przy wykorzystaniu najnowocześniejszych technologii oczyszczania i suszenia powietrza. Osiągnięcie temperatury do $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ umożliwia przeprowadzanie specjalistycznych zabiegów krioterapii w centrach sportowych i rehabilitacyjnych.



PRODUKCJA I SPRZEDAŻ

CompRot Sp. z o.o.
ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. 071 798 5900, fax 798 5909
e-mail: comprot@comprot.com.pl
www.comprot.com.pl

SERWIS

CompRot-Serwis
ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław
tel. 071 798 5900, fax 798 5909
e-mail: serwis@comprot.com.pl
www.comprot.com.pl



Europejski
Fundusz
Leasingowy

Nasz partner



Medale i wyróżnienia

III-----	domnick hunter	
IV-----	MetalWork	
Airpress-----		7
ARA Pneumatik-----		33
Automaticon-----		6
Bovin-----		7
CompRot-----		48
Hiross-----		29, 35
Inwet-----		7
Laska-----		3
Legriss-----		11
Nederman-----		15
Nivelco-----		19
Mark-----		18
Parker-----		10
Pneumatik SA-----		8, 13
Prema-----		20
Sauer-----		9
Schrbrock-----		8
Targi Kielce-----		18
Testo-----		8
Wittig-----		15
Zorin-----		9

Branża pneumatyczna w Polsce

Na naszej mapce branży pneumatycznej
są firmy o których redakcja ma
dotyczące ich działalności i które prezer
ofertę na łamach pneumatyki.

Artykuły promocyjne

ARA Pneumatik-----	
Bosch Rexroth-----	
Ingersoll-Rand-----	
In-Tech-----	
Kaeser-----	
MetalWork-----	
Nivelco-----	
Pneumatik SA-----	

Zapraszamy do prenumeraty dwumiesięcznika „Pneumatyka”

Poniższy druk polecenia przelewu/wpłaty gotówkowej służy do zapłaty za prenumeratę dwumiesięcznika „Pneumatyka” oraz jego archiwalnych egzemplarzy. Prosimy o wycięcie i uważne wypełnienie druków.

Prenumerata może być rozpoczęta w dowolnym momencie.

Cena prenumeraty: prenumerata roczna (6 egz.) 45,00 zł, prenumerata półroczna (3 egz.) 22,50 zł, wydanie bieżące 7,50 zł, wydanie archiwalne 5,00 zł. Wszystkie ceny zawierają VAT i obejmują koszty wysyłki.

Wystawienie faktury i wysyłka zamówionych egzemplarzy następuje po wpłynięciu na nasze konto należnej kwoty lub po otrzymaniu potwierdzenia zapłaty.

Wydawnictwo Lektorium, ul. Robotnicza 72, 53-608 Wrocław, tel. (071) 798 59 46, fax (071) 798 59 47 e-mail: prenumerata@lektorium.pl.

Upewnijcie się, że prenumeratę oprócz naszej redakcji przyjmują: RUCH SA, SIGMA-NOT Sp. z o. o., KOLPORTER SA, GARMOND Ltd. W sprzedaży detalicznej czasopismo dostępne jest w „empikach”, salonach prasowych oraz w siedzibie naszego wydawnictwa.

Bank Przemysłowo-Handlowy PBK SA
w Krakowie III o/Wrocław
95106000760000409910133389

Wydawnictwo Lektorium
53-608 Wrocław, ul. Robotnicza 72
[] zł [] gr

Zamawiam prenumeratę
„Pneumatyka”

roczną (6 egz.) od nr

półroczną (3 egz.) od nr

wydanie bieżące nr.....

wydanie archiwalne nr.....

Jestem płatnikiem VAT. Proszę o wystawienie faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych, zgodnie z Ustawą 29.08.1997 r. o Ochronie Danych Osobowych (Dz.U. nr 133, poz. 883) przez Wydawnictwo Lektorium.

podpis

Adres zamawiającego:

tel.

NIP

stempel dzienny

opłata

nazwa odbiorcy
WYDAWNICTWO LEKTORIUM

nazwa odbiorcy cd.
53 - 608 WROCLAW ROBOTNICZA 72

I.k. nr rachunku odbiorcy
95 10 600 076 000 0409910133389

W P * waluta PLN kwota

nr rachunku zleciiodawcy (przelew) / kwota słownie (wpłata)

nazwa zleciiodawcy

nazwa zleciiodawcy cd.

tytułem

tytułem cd.

Oplata:

pieczęć, data i podpis(y) zleciiodawcy

Bank Przemysłowo-Handlowy PBK SA
w Krakowie III o/Wrocław
95106000760000409910133389

Wydawnictwo Lektorium
53-608 Wrocław, ul. Robotnicza 72
[] zł [] gr

Zamawiam prenumeratę
„Pneumatyka”

roczną (6 egz.) od nr

półroczną (3 egz.) od nr

wydanie bieżące nr.....

wydanie archiwalne nr.....

Jestem płatnikiem VAT. Proszę o wystawienie faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych, zgodnie z Ustawą 29.08.1997 r. o Ochronie Danych Osobowych (Dz.U. nr 133, poz. 883) przez Wydawnictwo Lektorium.

podpis

Adres zamawiającego:

tel.

NIP

stempel dzienny

opłata

nazwa odbiorcy
WYDAWNICTWO LEKTORIUM

nazwa odbiorcy cd.
53 - 608 WROCLAW ROBOTNICZA 72

I.k. nr rachunku odbiorcy
95 10 600 076 000 0409910133389

W P * waluta PLN kwota

nr rachunku zleciiodawcy (przelew) / kwota słownie (wpłata)

nazwa zleciiodawcy

nazwa zleciiodawcy cd.

tytułem

tytułem cd.

Oplata:

pieczęć, data i podpis(y) zleciiodawcy



domnick hunter



dh Group Polska Sp. z o.o.,
ul. Ryzowa 87, 05-816 Opacz k/Warszawy,
tel. (022) 723 03 67, fax (022) 723 03 68
e-mail: info@dhgroup.pl



Oczyszczanie sprężonego powietrza

METAL WORK

technologia
pracująca w Twoich
systemach

IMPROVED PNEUMATIC

TECHNOLOG

Produkt

METAL WORK oferuje innowacyjne produkty, których konstrukcja pozwala zoptymalizować wykonanie oraz obsługę Twoich maszyn

PROCES

Technologia produkcji METAL WORK i system jakości gwarantują stałe parametry oraz wzrost niezawodności maszyn

Serwis

Zadaniem międzynarodowej sieci oddziałów METAL WORK jest spełnianie Państwa codziennych potrzeb

 **METAL[®]
WORK**
P N E U M A T I C

Metal Work Polska Sp. z o.o.

ul. Bystra 15 A, 61-366 Poznań
tel. (+4861) 650 18 40, fax (+4861) 650 18 49
www.metalwork.pl, e-mail: metalwork@metalwork.pl