

Osservazioni sull'esattezza del calcolo della rumorosità nelle valvole di regolazione



Edizione speciale per
„atp – Automatisierungstechnische Praxis“
Jahrgang 44 · Heft 7 · 2002

Editore:
Dipl.-Ing. Domagoj Vnucec
Dr.-Ing. Jörg Kiesbauer

Osservazioni sull'esattezza del calcolo della rumorosità nelle valvole di regolazione

D. Vnucec, J. Kiesbauer, SAMSON AG

Nella progettazione degli impianti industriali, il calcolo dell'emissione di rumore da parte delle valvole di regolazione e di intercettazione, è un parametro molto importante, il cui valore è regolato dalla legislazione della tutela ambientale e lavorativa. Per quanto riguarda il rilevamento dell'emissione di

rumore, oggi esistono diverse norme di calcolo che dipendono dal fluido di portata (VDMA 24422:1979, VDMA 24422:1989, IEC 60534-8-3:2001 e IEC 60534-8-4: 1994). Il seguente articolo valuta queste norme confrontando la loro precisione con il grosso numero di risultati stimati da SAMSON.

1. Introduzione

In linea di principio, il calcolo del rumore si differenzia secondo il fluido di processo, comprimibile o non comprimibile. La ragione di questo riguarda le caratteristiche diverse del suono che ogni tipo di fluido possiede. Nei gas e nei vapori, il profilo di livello di pressione del suono cresce continuamente con rapporto di pressione differenziale in aumento, numero Mach piccolo ($Ma < 0,3$). L'emissione di rumore dei liquidi, cresce abbastanza costantemente solo nelle zone di fluido in turbolenza, e poi sale parabolicamente nella zona della cavitazione, come si può vedere nella figura 1.

Queste caratteristiche diverse del suono si ripercuotono sulle formule di calcolo.

Per i liquidi sono a disposizione formule secondo le seguenti norme (vedi anche [5, 6]):

- VDMA 24422 (1979) [1]

- IEC 60534-8-4 (1994) [3] (quasi identico al VDMA 24422 (1989) [2]).

Per i gas e i flussi di vapore si utilizzano le seguenti norme di calcolo:

- VDMA 24422 (1979) [1]
- VDMA 24422 (1989) [2]
- IEC 60534-8-3 (2001) [3].

Le singole norme di calcolo identificano i diversi metodi di calcolo della rumorosità, anche attraverso il suo volume quantitativo. Con il metodo di calcolo VDMA 24422 (1979) può essere calcolato solo il livello di rumorosità a un metro di distanza dall'apparecchio; invece con gli altri metodi è possibile calcolare il livello di rumorosità interno e anche i valori di frequenza dipendenti dall'emissione di rumore (vedere tabella 1).

2. Paragone fra le previsioni numeriche e i dati sperimentali

La verifica delle norme di calcolo è stata eseguita paragonando i risultati dei livelli di pressione del suono interni ed esterni, calcolati secondo i metodi di previsione di rumorosità con i risultati forniti da SAMSON AG. Per ottenere questi risultati la società ha condotto numerosi test per molti anni (fig. 2). Le dimensioni del livello di pressione del suono interno erano calcolate secondo la procedura descritta nel VDMA 24423 [4] ed il valore del livello di pressione del suono esterno secondo il metodo IEC 60534-8 parte 1 e 2. In questi paragoni vengo-

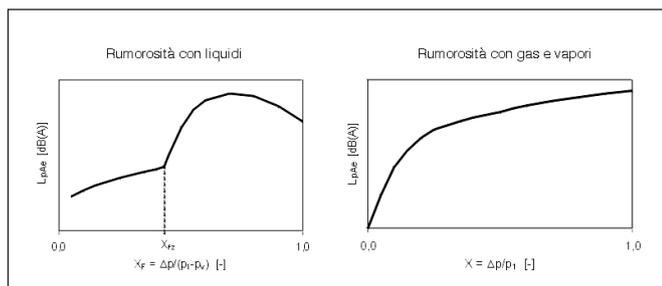


Fig. 1: Tipico percorso dell'emissione di rumorosità

no confrontati diversi tipi di apparecchi di regolazione con le seguenti divisioni:

- Valvola a globo (otturatore parabolico o V-Port)
- Valvola a globo con otturatore monostadio perforato
- Valvola con otturatore rotativo

- Valvola a farfalla
- Valvola a segmento sferico
- Valvola a non bassa rumorosità
- K_{vs} tra 0,4 e 700
- Diametro nominale tra DN 25 e DN 200

Per soddisfare tutte le condizioni, vengono effettuate misure diverse per fluidi comprimibili e non comprimibili, usando aria e acqua come tester:

- Con aria
 - Max. numero Mach in uscita valvola $Ma \leq 0,3$
 - Rapporto pres. differenziale tra 0,2 e 0,85
 - Ca. 2500 punti misurati
- Con acqua
 - Uso del valore misurato x_{Fz}
 - Differenza tra campo di turbolenza e di cavitazione
 - Ca. 5000 punti misurati



Fig 2: Banco di prova SAMSON

Tabella 1: Norme per il calcolo della rumorosità e altri parametri							
Parametro, Fattore	Norme per fluidi comprimibili				Norme per fluidi incomprimibili		
	VDMA 24422 (1979)	VDMA 24422 (1989)	VDMA 24422 (1989) Adattato	IEC 60534-8-3 (2001)	VDMA 24422 (1979)	IEC 60534-8-4 (1994)/VDMA 24422 (1989)	IEC 65B-WG9 (Progetto attuale)
F_L				x		x	x
x_T		x	x				
F_d				x			x
x_{Fz}					x	x	x
K_v	x			x	x		x
D	x			x	x		x
d_0				x			x
d_i, s	solo s	x	x	x	solo s	x	x
F_1, F_2						Variabile per VDMA Fisso IEC: $F_1 = \pm 8, F_2 = 0$	
Δ_F					x	Variabile per VDMA Fisso IEC: $DLF = 0$	
G_1, G_2		Fisso: $G_1 = \pm 3, G_2 = 0.8$	Adattabile				
Δ_{LG}	x						
p_1, p_2	x	x	x	x	x	x	x
W		x	x	x		x	x
T_1	x			x			
ρ_1	x	x	x	x	x	x	x
ρ_v					x	x	x
κ		x	x	x			
L_{pi} bzw. L_{wi}		x	x	x		x	x
L_{wa}		x	x			x	X
lp_{Aa}	x	x	x	x	x	x	X
Frequenza		Ottave	Ottave	Max.frequenza		Ottave	Ottave, terzi, Max.frequenza

La valutazione dell'esattezza di calcolo delle norme è basata sulla differenza tra i valori calcolati e misurati per entrambi i livelli di pressione del suono interno ed esterno:

- $L_{pAa,Norma} - L_{pAa,Misurazione}$
- $L_{pi,Norma} - L_{pi,Misurazione}$

3. Precisione delle norme di calcolo della rumorosità

L'analisi delle differenze matematiche fra i valori calcolati e quelli misurati per il livello di pressione sonora rileva che la norma VDMA 24422 (1979) dà i risultati migliori in termini di accuratezza del livello di rumore misurato all'esterno, indipendentemente dal tipo di fluido, tipo di valvola (con l'esclusione delle valvole dotate di interni anti-rumore come ad esempio le gabbie) o diametri nominali della valvola di regolazione.

La normativa VDMA 24422 (1989) può essere considerevolmente migliorata se i suoi fattori indipendenti G_1 , G_2 o F_1 , F_2 , Δ_{LF} derivano da misurazioni effettuate sulla valvola (vedere Fig. 3 e 4). Le normative internazionali IEC 60534 non offrono questo genere di possibilità. Una norma di calcolo non dovrebbe avere nessuna misurazione o adattamento aggiuntivo, e dovrebbe essere un compromesso tra l'esattezza del calcolo e la quantità di tempo e lavoro spesi per testare queste misurazioni e previsioni. Naturalmente un calcolo non molto esatto non è negli interessi dell'utente.

3.1. Fluidi comprimibili

Nel caso di emissione di rumore interno e esterno nei fluidi comprimibili, abbiamo i seguenti risultati (vedere Fig. 3 e 4 e la tabella 2):

- Il 33 % del livello di rumorosità esterna L_{pAa} viene calcolato secondo la normativa VDMA 24422 (1979) con un grado di esattezza di $\pm 2,5$ dB(A). In una fascia di tolleranza di ± 5 dB(A) questo valore aumenta fino al 60 % (vedere Fig. 3 e la tabella 2).
- Entrambe le norme VDMA 24422 (1989) e IEC 60534-8-3 (2001) calcolano il livello di rumorosità della pressione L_{pAa} per eccesso. Utilizzando il VDMA 24422 (1989) l'errore calcolato è di 10 dB(A), secondo la normativa IEC 60534-8-3 (2001) è circa di 7 dB(A).
- Il livello di rumorosità interno L_{pi} è calcolato con VDMA 24422 (1989) in modo analogo al valore dell'emissione esterna, cioè ancora per eccesso. Tuttavia il massimo dell'analisi di errore è espresso nel margine d'errore $(L_{pi,Norm} - L_{pi,Messung}) + 7,5 \dots +12,5$ dB, come nell'esame L_{pAa} (vedere Fig. 4).
- La norma IEC 60534-8-3 (2001) invece rappresenta una tendenza controcorrente nel paragonare l'emissione di rumorosità esterna ed interna. Mentre il livello di rumorosità

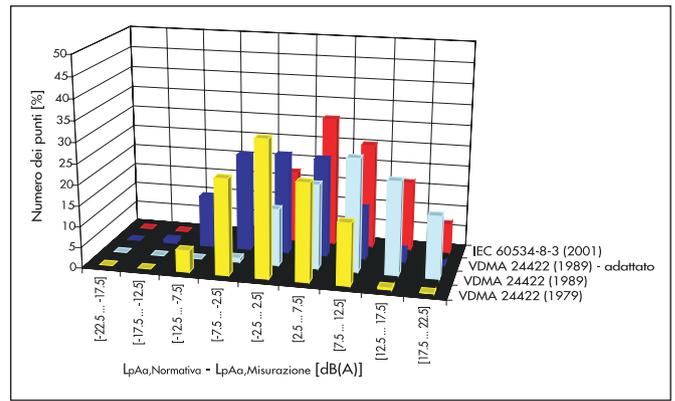


Fig. 3: Classificazione del livello di rumorosità esterno in caso di fluidi comprimibili (Fluido: aria; numero dei punti N = 2386; $50 \leq DN \leq 200$; $0,2 < x < 0,85$)

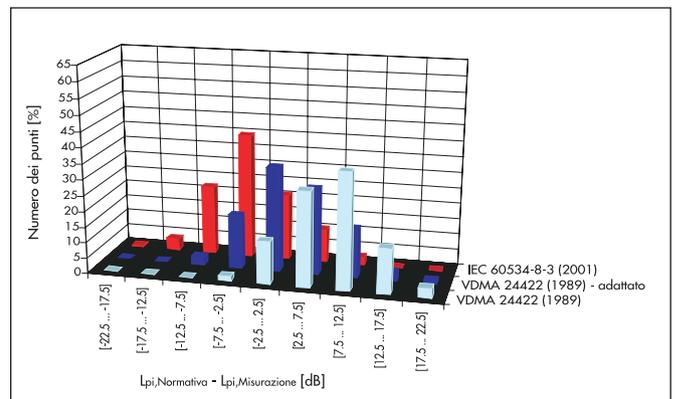


Fig. 4: Classificazione del livello di rumorosità interno in caso di fluidi comprimibili (Fluido: aria; numero dei punti N = 2386; $50 \leq DN \leq 200$; $0,2 < x < 0,85$)

esterna L_{pAa} viene calcolato per eccesso (vedere enumerazione), il livello interno calcolato L_{pi} si trova per la maggior parte al di sotto dei valori misurati (circa il 40 % campo d'errore -7,5 ... -2,5 dB).

- I risultati del livello di rumorosità (90 % dei punti) calcolati con 3 normative rientrano in una fascia di 20 dB.
- I risultati discussi in questa sezione sono simili indipendentemente dal diametro nominale e dal tipo di valvole.

Il motivo per una più elevata previsione del rumore secondo VDMA 24422 (1989) è dovuto sostanzialmente ad un più elevato rapporto di conversione acustica η_G . Secondo la normativa IEC 60534-8-3 (2001) nella maggior parte dei tipi di valvole, un più basso accertamento dei gradi di trasformazione acustici conduce a risultati più piccoli di rumorosità interna. È importante notare che a differenza del livello di rumorosità esterna, quello interno non può essere previsto in funzione della geometria della valvola e perciò i livelli non possono essere corretti (vedere fig. 5).

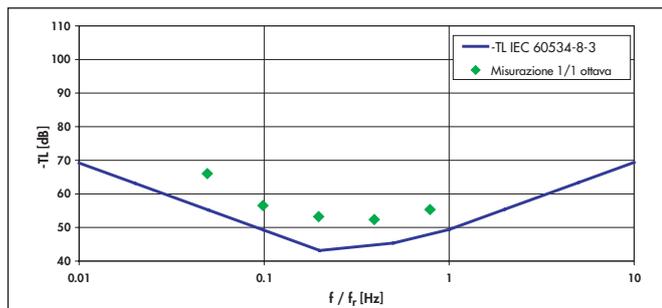


Fig. 5: Deviazione della trasmissione di rumore calcolata secondo IEC 60534-8-3 (per DN 80)

3.2. Fluidi incompressibili

Quando si calcola l'emissione di rumore in fluidi non comprimibili, è importante determinare precisamente l'inizio della cavitazione espresso dal valore x_{Fz} , perchè una deviazione di $\pm 0,05$ conduce ad una sovravalutazione o sottovalutazione dell'attuale livello di rumorosità fino a 25 dB. La ragione di questo è che l'emissione di rumorosità aumenta quando la cavitazione comincia (come da fig. 1). E' stato osservato che in caso di fluidi incompressibili lo studio sulla rumorosità fornisce quasi gli stessi risultati delle analisi per fluidi comprimibili (vedere Fig. 6-9 e tabella 3):

- Nella zona di turbolenza il rumore viene sottovalutato da entrambe le normative (VDMA 24422 (1979) e IEC 60534-8-4 (1994)). La maggior parte dei valori di rumorosità esterna calcolati (37% secondo VDMA 24422 (1979) e 32% secondo IEC 60534-8-4 (1994) sono compresi fra $-7,5$ dB e $-2,5$ dB sotto i valori misurati (vedere fig. 6). Considerando una fascia d'errore $-7,5 \dots 2,5$ dB, notiamo come secondo la normativa VDMA 24422 (1979) ci sono più del 60% dei punti all'interno di questi limiti d'errore, mentre secondo IEC 60534-8-4 (1994) sono meno del 50% .
- Il livello di rumorosità interno in una zona turbolenta è sotto-calcolato con IEC 60534-8-4 (1994) in confronto ai valori misurati. Questa tendenza viene rafforzata rispetto all'emissione di rumore addirittura fino a 5 dB , poichè circa il 65 % dei punti si trovano nella fascia d'errore $-17,5 \dots 7,5$ dB (vedere fig. 7).

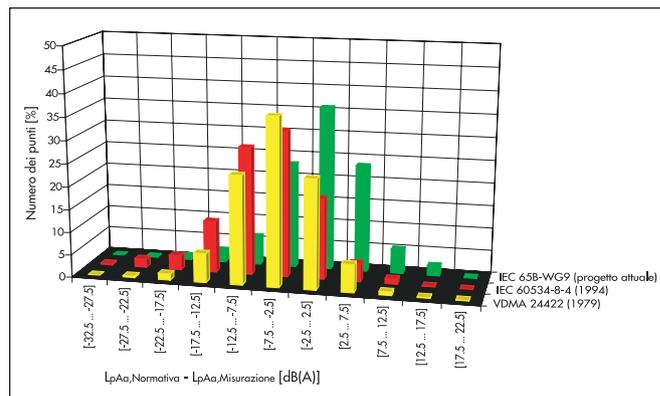


Fig. 6: Classificazione del livello di rumorosità esterno con fluidi incompressibili in zone turbolente (Fluido: acqua; numero dei punti $N = 1698$; $25 \leq DN \leq 200$)

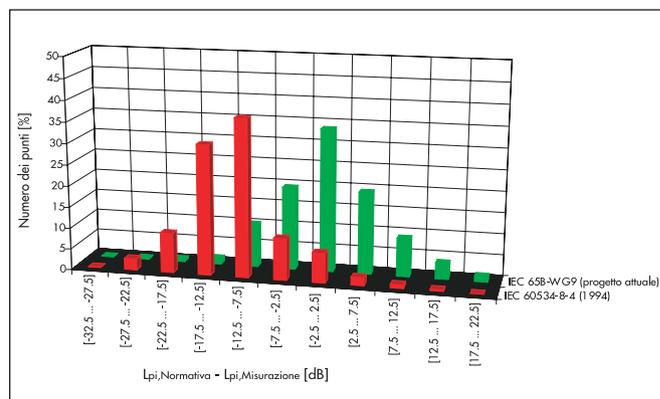


Fig. 7: Classificazione del livello di rumorosità interno con fluidi incompressibili in zone turbolente (Fluido: acqua; numero dei punti $N = 1698$; $25 \leq DN \leq 200$)

- Nel campo della cavitazione risulta una classificazione simile con la normativa VDMA 24422(1979) come nel campo della turbolenza, dove la parte dei punti con una deviazione $-7,5 \dots 2,5$ dB è circa del 70 % (vedere fig. 8).
- Per IEC 60534-8-4 (1994) il livello di rumorosità esterno è dimensionato con valori inferiori rispetto al campo di turbolenza. Per questo ca. il 70 % del livello di rumorosità viene dimensionato con valori inferiori $-17,5$ bis $-7,5$ dB rispetto ai valori misurati.

Tabella 2: Percentuale di precisione delle norme per i fluidi comprimibili; (a disposizione valori di calcolo nella classe di tenuta $\pm 2,5$ dB [A] considerata)

Normativa	Livello di rumorosità esterno L_{pAa}			Livello di rumorosità interno L_{pi}		
	± 2.5 dB(A)	± 5 dB(A)	± 7.5 dB(A)	± 2.5 dB	± 5 dB	± 7.5 dB
VDMA 24422 (1979)	ca. 35 %	ca. 60 %	ca. 80 %			
VDMA 24422 (1989)	ca. 15 %	ca. 20 %	ca. 35 %	ca. 15 %	ca. 30 %	ca. 45 %
VDMA 24422 (1989) adattato	ca. 25 %	ca. 50 %	ca. 70 %	ca. 35 %	ca. 60 %	ca. 80 %
IEC 60534-8-3 (2001)	ca. 20 %	ca. 30 %	ca. 50 %	ca. 20 %	ca. 45 %	ca. 70 %

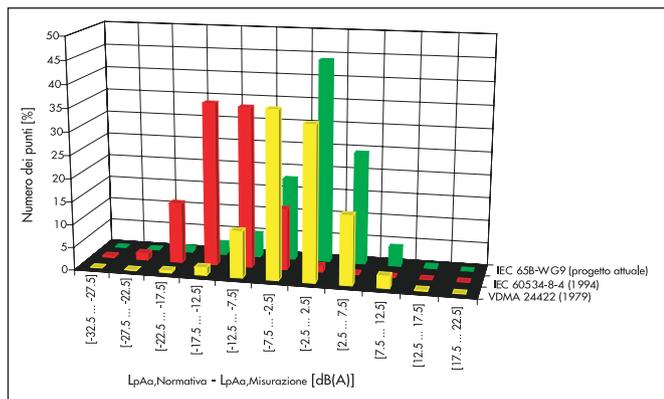


Fig. 8: Classificazione del livello di rumorosità esterno con fluidi incomprimibili nel campo della cavitazione (Fluido: acqua; numero dei punti N = 3027; 25 ≤ DN ≤ 200)

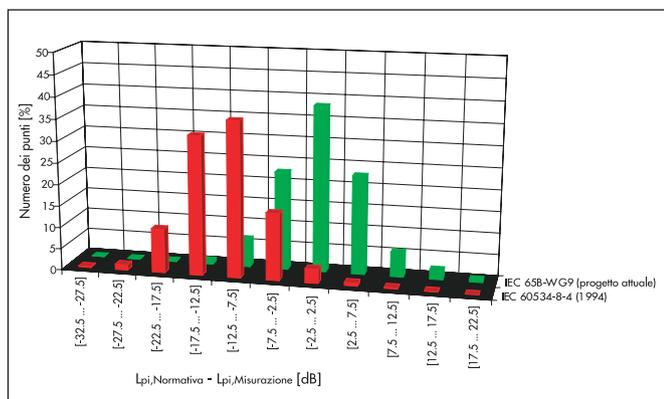


Fig. 9: Classificazione del livello di rumorosità interno con fluidi incomprimibili nel campo della cavitazione (Fluido: acqua; numero dei punti N = 3027; 25 ≤ DN ≤ 200)

- Paragonando il livello di rumorosità interno ed esterno nel campo della cavitazione, con la normativa IEC 60534-8-4 (1994) non c'è nessuna differenza sostanziale. L'ampiezza del livello di rumorosità teorico (90 % dei punti) è per entrambe le norme come per i fluidi comprimibili, di circa 20 dB.
- Le singole analisi di emissione di rumore, indipendenti dal tipo di valvola e dal loro diametro nominale, non danno nessuna deviazione significativa della tendenza rappresentata in confronto ad un'analisi generale.

Il fatto che per IEC 60534-8-4 (1994) l'emissione di rumore sia interna che esterna venga calcolata con valori bassi, è da ricondurre ad un accertamento inferiore del grado di trasformazione acustico η_F .

Con il VDMA 24422 (1979) è possibile calcolare l'emissione di rumore nei fluidi in anticipo, poiché il valore x_{Fz} era già stato determinato per mezzo di misurazioni.

4. Panorama generale

E' possibile effettuare un'interpretazione dell'emissione di rumorosità per tutti i fluidi con VDMA 24422 (1979). Il grado di precisione di ± 5 dB(A) che viene dato dalla normativa viene confermato con questa analisi. Con il valore di correzione specifico della valvola, nei fluidi Δ_{LF} e nei gas Δ_{LG} , c'è la possibilità di adattare il livello di rumorosità a speciali valvole silenziose. E' svantaggioso che solo il livello di rumorosità esterno possa essere calcolato. Per le altre norme di calcolo analizzate, il livello di rumorosità misurato si differenzia chiaramente. Questi risultati convalidano pienamente gli esiti ottenuti con la normativa IEC 60534-8-3 (2001).

La normativa VDMA 24422 (1989) da comunque la possibilità di ottenere un chiaro miglioramento nel calcolo del livello di rumorosità previsto, attraverso un adattamento dei fattori liberi G_1 , G_2 o F_1 , F_2 , Δ_{LF} in base ai dati misurati (con un grado di precisione simile a quello dato dalla normativa VDMA 24422 (1979)(s. Tabelle 2)). Gli svantaggi che riguardano il VDMA 24422 (1979) sono, da una parte la determinazione del calcolo dell'emissione di rumore interno dipendente dalla frequenza (di interesse per l'acustica nel progetto per l'impianto e per i costruttori di silenziatori posti a valle, in caso di utilizzi particolari, quali per esempio la riduzione di rumorosità in un ambiente aperto), dall'altra rende possibile l'accertamento dell'emissione di rumore di apparecchi di regolazione con modello di riduzione del rumore (unico per l'utilizzo di fattori liberi G_1 e G_2). Questo metodo adattato del VDMA 24422 (1989) viene utilizzato da anni in SAMSON con successo.

Per quanto riguarda i fluidi, è da ricordare che la norma IEC 60534-8-4 (1994) è in via di revisione, e la parte convalida-

Tabella 3: Percentuale di precisione per i fluidi incomprimibili; (a disposizione i valori di calcolo nella classe di tenuta $\pm 2,5$ dB [A] considerata)

Normativa	Livello di rumorosità esterno LpAa			Livello di rumorosità interno Lpi		
	± 2.5 dB(A)	± 5 dB(A)	± 7.5 dB(A)	± 2.5 dB	± 5 dB	± 7.5 dB
VDMA 24422 (1979)	ca. 30 %	ca. 60 %	ca. 80 %			
IEC 60534-8-4 (1994)	ca. 10 %	ca. 20 %	ca. 30 %	ca. 5 %	ca. 10 %	ca. 20 %
IEC 65B-WG9 (progetto attuale)	ca. 40 %	ca. 65 %	ca. 85 %	ca. 35 %	ca. 60 %	ca. 80 %

ta dai risultati di dimensionamento SAMSON è rappresentata nelle figure dalla 6 alla 9 e nella tabella 3. Da questi diagrammi bisogna dedurre che sia l'emissione di rumore interna, che esterna viene determinata meglio rispetto alla normativa VDMA 24422 (1979). Prossimamente uno degli autori presenterà questo nuovo programma di calcolo in qualità di esperto nel gruppo lavorativo 65B-WG9 della norma IEC e rielaboratore di questa nuova norma del calcolo di rumorosità.

5. Abbreviazioni

Segni	Unità	Definizioni
η_F	-	Grado di trasformazione acustico per liquidi
η_G	-	Grado di trasformazione acustico per gas
κ	-	Esponente adiabatico
ρ	-	Peso specifico del fluido
D	m	Dimensione nominale della valvola
d_i	m	Diametro interno della tubazione
d_0	m	Diametro di un'apertura circolare del diaframma
F_d	-	Fattore di costruzione della valvola
F_L	-	Fattore di recupero pressione di una valvola in caso di liquidi
F_1	-	Esponente nell'equazione η_F
F_2	-	Esponente nell'equazione η_F
f_r	Hz	Frequenza anulare della tubazione
f_p	Hz	Picco di frequenza secondo IEC 534-8-3 (2001)
G_1	-	Esponente nell'equazione η_G
G_2	-	Esponente nell'equazione η_G
K_v	m ³ /h	Coefficiente di portata di una valvola
K_{vs}	m ³ /h	Coefficiente di portata di una valvola aperta alla corsanominale
Ma	-	Numero di Mach
Δ_{LF}	dB(A)	Correzione specifica della valvola in caso di liquidi
Δ_{LG}	dB(A)	Correzione specifica della valvola in caso di gas e vapori
L_{pAa}	dB(A)	Livello di rumorosità esterno A
L_{WGa}	dB(A)	Livello di potenza acustica esterno
L_{pi}	dB	Livello di rumorosità interno
L_{Wi}	dB	Livello di potenza acustica interna
p_v	bar	Pressione di evaporazione del fluido (assoluta)
p_1	bar	Pressione a monte della valvola (assoluta)
p_2	bar	Pressione a valle della valvola (assoluta)
R_R	dB	Dimensione della tubazione
s	m	Spessore della tubazione
T	K	Temperatura del Fluido
TL	dB	Trasmissione di rumore corretta per picchi di frequenza
W	kg/h	Portata del fluido
x	-	Rapporto di pressione differenziale in caso di gas e vapori
x_F	-	Rapporto di pressione differenziale in caso di liquidi
x_{Fz}	-	Rapporto di pressione differenziale all'inizio della cavitazione
x_T	-	Rapporto di pressione differenziale in caso di limite di portata

Literatur

- [1] Guida per il calcolo della rumorosità nelle valvole di regolazione e di intercettazione, VDMA-Einheitsblatt 24422, Recommended Practices, Beuth Verlag, Berlin, 1979.
- [2] Guida per il calcolo della rumorosità nelle valvole di regolazione e di intercettazione, VDMA-Einheitsblatt 24422, Recommended Practice, Beuth Verlag, Berlin, 1989.
- [3] Valvole per la regolazione di processo: emissione del rumore, DIN IEC 60534-8, Beuth Verlag, Berlin (parti 8-1, 8-2, 8-3, 8-4).
- [4] Misurazione di rumore nelle valvole: misurazione del fluido per flussi comprimibili e incompressibili; VDMA-Einheitsblatt 24423, Beuth Verlag, Berlin, 1993.
- [5] Kiesbauer, J.: An improved prediction method for hydrodynamic noise in control valves. Valve World magazine, Vol. 3, Issue 3, June 1998, pp. 33 – 49.
- [6] Kiesbauer, J., Hoffmann, H: Calcolo e Riduzione dell'emissione di rumorosità in apparecchi di regolazione. Accessori industriali: elementi di costruzione della tecnica di tubazione, Vulkan-Verlag, Essen, 1997.

Dipl.-Ing. Domagoj Vnucec è collaboratore del reparto „Entwicklungsprüfstand“ in SAMSON AG, Mess- und Regeltechnik, Frankfurt/Main. Esperienze lavorative: pianificazione e valutazione di fluido e test in laboratori acustici condotti su valvole di regolazione, applicazione di CFD per il calcolo del fluido, sviluppo e ottimizzazione di calcolo e metodi di dimensionamento, e l'aggiornamento di software di dimensionamento per le valvole .

Telefon: 069 4009-1796, Telefax: 069 4009-1920
E-Mail: dvnucec@samson.de



Dr.-Ing. Jörg Kiesbauer è direttore del reparto „Entwicklungsprüfstand“ in SAMSON AG. Esperienze lavorative: Ricerca e sviluppo nel campo delle valvole di regolazione dotate di accessori pneumatici e elettrici e regolatori autoazionati (analisi acustica e di fluido, sviluppo e ottimizzazione dei metodi di calcolo, sviluppo e verifica di metodi diagnostici per valvole di regolazione, sviluppo per Softwaretools). Dal 1999 è impegnato come esperto nel Working Group IEC 65B-WG9 e nel DKE 963

Telefon: 069 4009-1464, Telefax: 069 4009-1920
E-Mail: drjkiesbauer@samson.de





SAMSON s.r.l. · Via Figino 109 · I-20016 PERO (MI)
Telefono: 02 33 91 11 59 · Fax: 02 38 10 30 85 · E-Mail: samson.srl@samson.it · Internet: <http://www.samson.it>