ST-430-4

Leistungsregelung bei BITZER Schraubenverdichtern

Deutsch **2**

Capacity control of BITZER screw compressors

English **20**

Регулирование производительности винтовых компрессоров BITZER

Русский **39**

CS.65 .. 105

HS.53 .. 95

OS.(A)53 .. 105

PDF Download // 02.2024

Änderungen vorbehalten
Subject to change
Возможны изменения

BITZER Kühlmaschinenbau GmbH
Peter-Schaufler-Platz 1 // 71065 Sindelfingen // Germany
Tel +49 7031 932-0 // Fax +49 7031 932-147
bitzer@bitzer.de // www.bitzer.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3

2 Sicherheit 4

3 HS.53 .. 74, OS.53 .. 74 5

4 HS.85, OS.85, CS.65 .. 96 8

5 HS.95, OS.95 .. 105, CS.105 15

6 Überblick Leistungsbereiche 16

7 ECO-Betrieb bei Teillast 17

1 Einleitung

Für die Leistungsregelung von Verdichtern werden im Wesentlichen die folgenden Verfahren genutzt:

- Ein-Aus-Regelung, ggf. von Tandemverdichtern oder mehreren Verdichtern in einem Verbund
- integrierte mechanische Leistungsregelung
- Drehzahlregelung, z.B. mit einem Frequenzumrichter

Dieses Dokument erläutert die integrierte mechanische Leistungsregelung. Sie ist für alle BITZER Schraubenverdichter verfügbar und je nach Serie unterschiedlich umgesetzt. Die niedrigste Stufe fungiert dabei meist auch als Anlaufentlastung, ggf. muss vor einem erneuten Anlauf des Verdichters eine bestimmte Pausenzeit eingehalten werden.

Zur Leistungsregelung bei BITZER Verdichtern allgemein siehe Information *A-600*.
Zu Prinzipschaltbildern mit den unterschiedlichen Regelungsvarianten:

- *AT-300*: Prinzipschaltbilder für BITZER Produkte

Bei BITZER Schraubenverdichtern kommen folgende Varianten mechanischer Leistungsregelung vor:

	Charakterisierung	V_i (internes Volumenverhältnis)	ECO-Anschluss	in Verdichtern
stufige Leistungsregelung durch Steuerkolben	2 Steuerkolben verschieben die Ansaugsteuerkante in 2 Schritten (75 und 50%), geringer Druckverlust	V_i ändert sich mit der Leistungsstufe, denn das Ansaugvolumen wird verringert, aber der Druckgaskanal nicht.	fest platziert nahe Druckgaskanal	HS.53 .. 74 OS.53 .. 74
duale Leistungsregelung durch CR-Schieber	stufenlose oder 3- bzw. 4-stufige Schieberregelung mit V_i-Ausgleich, kein Druckverlust	V_i ändert sich mit der Leistung, denn Ansaugvolumen und Druckgaskanal / Auslassfenster werden verändert. Bei CR >75% ist V_i oft konstant, bei CR <75% reduziert.	Bei HS.85, OS.85 und CSH.5 integriert in Schieber. Bei CSH.6 und CSW fest im Gehäuse platziert.	HS.85 OS.85 CS.65 .. 96
stufenlose Leistungsregelung durch Doppelschieber	kombinierte CR- und V_i-Schieber, gesteuert durch Modul CM-SW	V_i wird automatisch angepasst: Bei Volllast bewegen sich CR- und V_i-Schieber gemeinsam, der Druckauslass wird verändert. Bei Teillast bewegen sie sich einzeln, der V_i-Regelbereich ist reduziert.	fest im Gehäuse platziert	HS.95 OS.95 .. 105 CS.105

Tab. 1: Übersicht Leistungsregelung bei BITZER Schraubenverdichtern
CR: Leistungsregler ("capacity regulator")
V_i: internes Volumenverhältnis (Volumen Saugseite / Volumen Druckgasseite)

Zur Kombination von Leistungsregelung und ECO-Betrieb: *ECO-Betrieb bei Teillast*.

Zusätzlich folgende technische Dokumente beachten

- *SB-100*: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.53 .. 74
- *SB-110*: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.85 .. 95
- *SB-170*: Betriebsanleitung Halbhermetische Kompaktschraubenverdichter CS.65 .. 105
- *SB-500*: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.53 .. 74
- *SB-520*: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.85, OS.95, OS.105
- *ST-420*: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Schraubenverdichtern

- *ST-610*: Economiser-Betrieb bei Schraubenverdichtern

2 Sicherheit

Autorisiertes Fachpersonal

Sämtliche Arbeiten an den Produkten und den Anlagen, in die sie eingebaut werden oder sind, dürfen nur von Fachpersonal ausgeführt werden, das in allen Arbeiten ausgebildet und unterwiesen wurde. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals gelten die jeweils landesüblichen Vorschriften und Richtlinien.

Restrisiken

Von den Produkten, dem elektronischen Zubehör und weiteren Bauteilen können unvermeidbare Restrisiken ausgehen. Jede Person, die daran arbeitet, muss deshalb dieses Dokument sorgfältig lesen! Es gelten zwingend

- die einschlägigen Sicherheitsvorschriften und Normen,
- die allgemein anerkannten Sicherheitsregeln,
- die EU-Richtlinien,
- nationale Vorschriften und Sicherheitsnormen.

Je nach Land kommen unterschiedliche Normen beim Einbau des Produkts zur Anwendung, beispielsweise: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL-Normen.

Persönliche Schutzausrüstung

Bei allen Arbeiten an Anlagen und deren Bauteilen: Arbeitsschutzschuhe, Schutzkleidung und Schutzbrille tragen. Zusätzlich Kälteschutzhandschuhe tragen bei Arbeiten am offenen Kältekreislauf und an Bauteilen, die Kältemittel enthalten können.

Abb. 1: Persönliche Schutzausrüstung tragen!

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweise sind Anweisungen, um Gefährdungen zu vermeiden. Sicherheitshinweise genauestens einhalten!

HINWEIS
Sicherheitshinweis um eine Situation zu vermeiden, die die Beschädigung eines Geräts oder dessen Ausrüstung zur Folge haben könnte.

VORSICHT
Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die eine geringfügige oder mäßige Verletzung zur Folge haben könnte.

WARNUNG
Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben könnte.

GEFAHR
Sicherheitshinweis um eine unmittelbar gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

Zusätzlich zu den in diesem Dokument aufgeführten Sicherheitshinweisen unbedingt auch die Hinweise und Restgefahren in den jeweiligen Betriebsanleitungen beachten!

3 HS.53 .. 74, OS.53 .. 74

Die Leistung dieser Verdichter wird mithilfe von hydraulisch betätigten Steuerkolben mehrstufig geregelt. Sie greifen direkt in den Profilbereich ein und reduzieren das Fördervolumen. Die Steuerkolben sind exakt an die Kontur des Rotorgehäuses angepasst, bei Volllastbetrieb liegen sie absolut formschlüssig an – am Stirnflansch (axiale Kolben) bzw. Profilraum (radialer Kolben). Dadurch ist das Gehäuse besonders stabil, und die Spalte zwischen Rotoren und Gehäuse bleiben auch bei hohen Temperaturen und Drücken in engen Grenzen.

Steuerkolben

Für den Teillastbetrieb bewegen sich die Kolben nacheinander in die rückwärtige Position und geben dabei reichlich dimensionierte Öffnungen zwischen Profilraum und Saugseite frei. Das Sauggas wird direkt in einen Profilbereich mit reduziertem Ansaugvolumen gefördert. Dadurch verringert sich das aktive Profilvolumen bzw. die aktive Rotorlänge und damit auch der Förderstrom bzw. die Leistung. Die Regelung ist für zwei Reglerstufen konzipiert, sodass durch taktendes Schalten der 1 oder 2 Magnetventile die Verdichterleistung sehr genau an den Lastzustand der Anlage angepasst werden kann.

Durch die direkte hydraulische Betätigung der Reglerkolben sind keine zusätzlichen Bauteile zum Schutz gegen Flüssigkeitsschläge oder zur Anlaufentlastung nötig. Die Kolben öffnen immer dann, wenn der Druck im Verdichtungsraum über deren Betätigungsdruck liegt – dies ist in der Regel der Öl- bzw. Verflüssigungsdruck. Damit ist eine automatische Anlaufentlastung ebenso gewährleistet wie ein Schutz vor starker Überverdichtung.

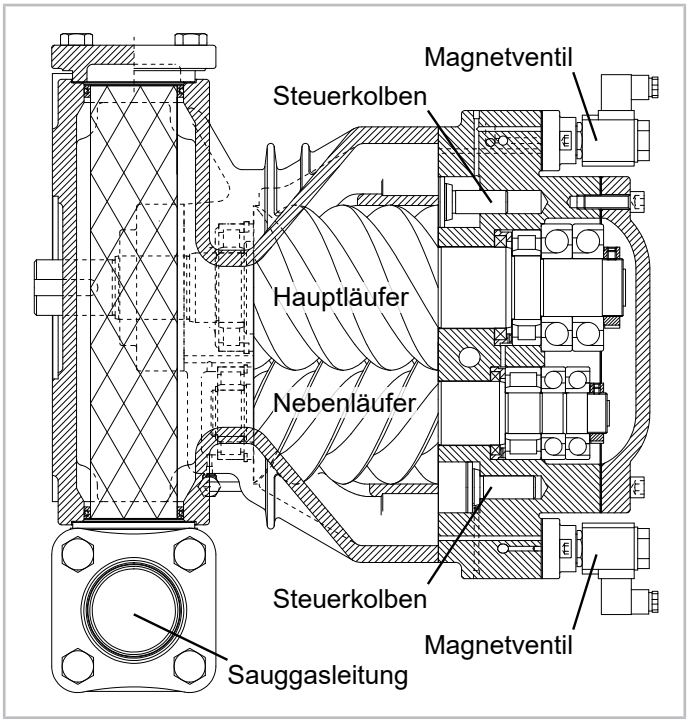

Abb. 2: Sicht von oben auf Verdichter OSN74 mit 2 Steuerkolben und den zugehörigen Magnetventilen

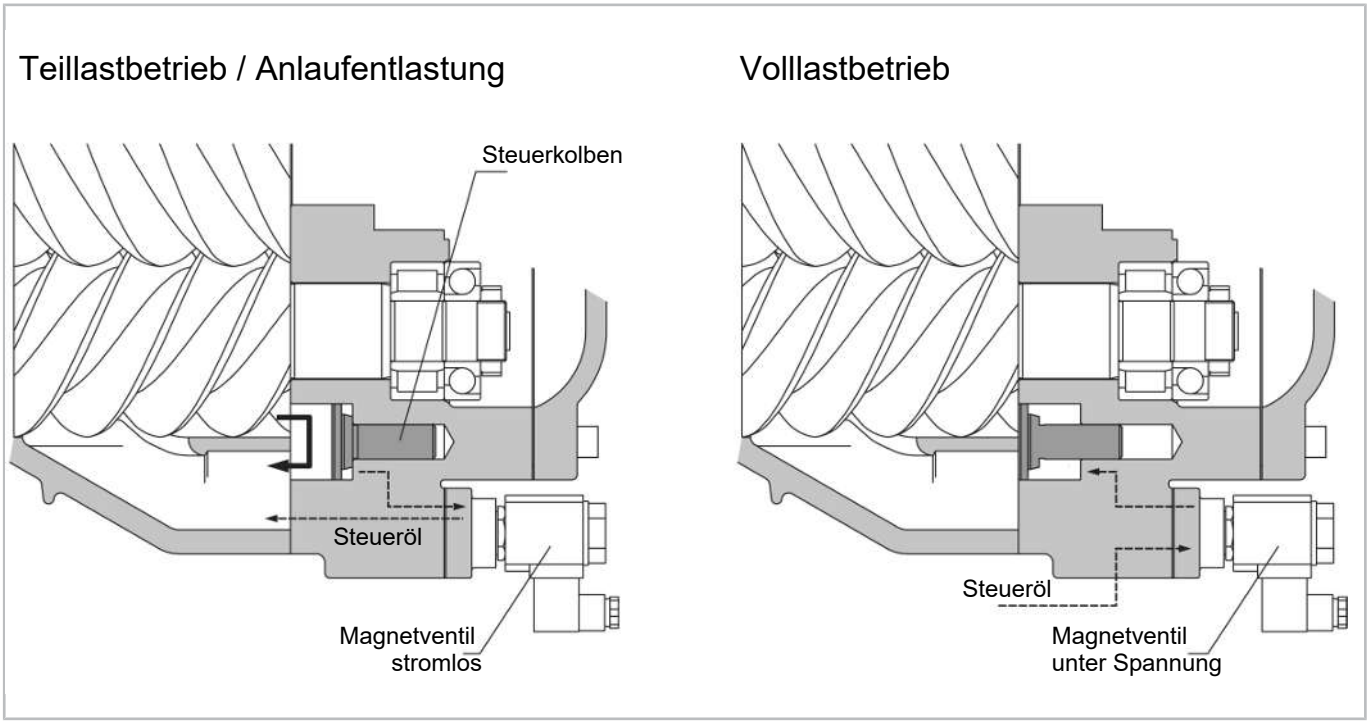

Abb. 3: Konstruktiver Aufbau der Leistungsregelung bzw. Anlaufentlastung bei OS.74 Verdichtern. Das Bild zeigt einen der zwei Steuerkolben und das zugehörige Magnetventil. Bei den Verdichtern OS.53 und OS.7441 ist das Funktionsprinzip ähnlich, aber die Überströmöffnung zur Saugseite ist an der Peripherie des Hauptläufers angeordnet.

Es gilt:
Magnetventil stromlos = Kanal offen = Leistung reduziert.
Magnetventil unter Spannung = Kanal geschlossen = Leistung erhöht.

Stufige Leistungsregelung

Die folgende Abbildung stellt die Regelung mit einer vereinfachten Abwicklung der Rotoraußenflächen dar.

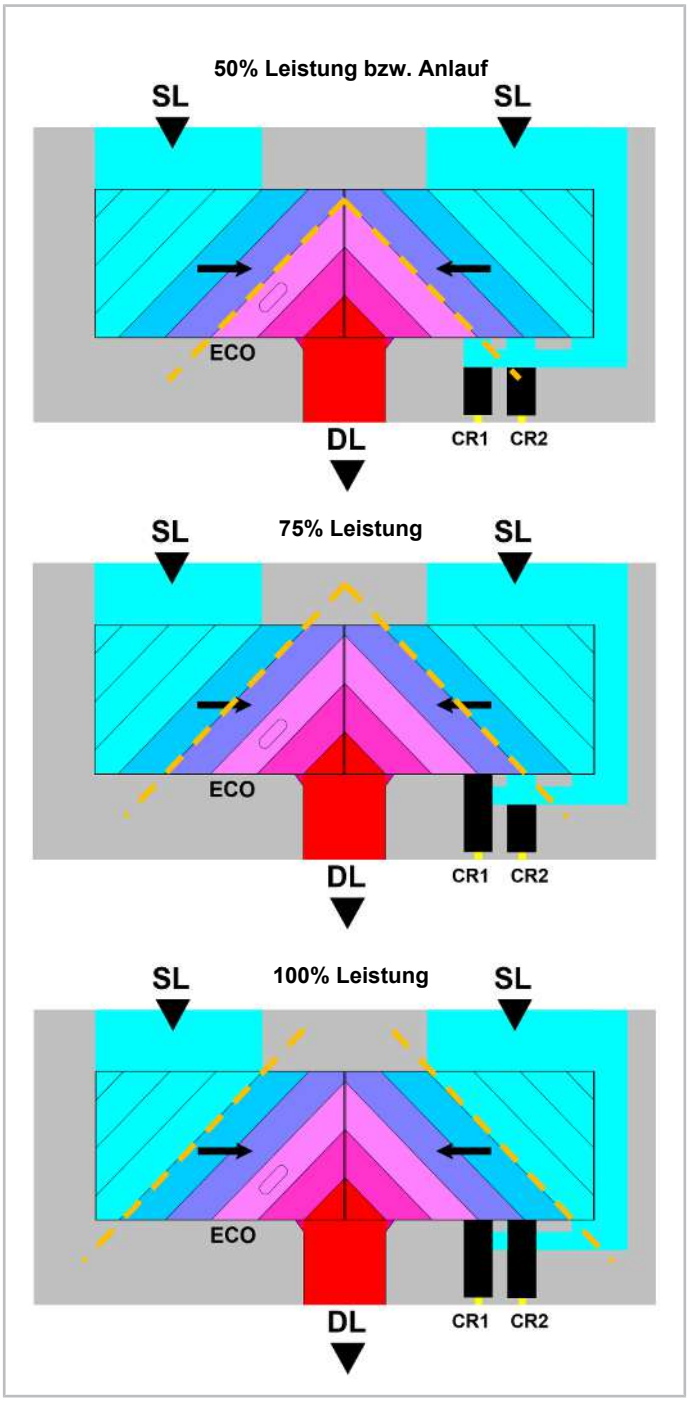

Abb. 4: Gestufte Leistungsregelung bei OS.A53- oder OS.A74-Verdichtern mit 2 Steuerkolben (CR1, CR2) und fixem Economiserkanal, abgewickelte Ansicht.
SL: Sauggasleitung
DL: Druckgasleitung
gestrichelte Linie: Abschluss des Ansaugvorgangs
ECO ist nur bei ≥75% nutzbar.
OS.A53: CR1 ist Option.
OS.A74: CR1 und CR2 sind Standard.

HINWEIS
Hier sind die nominalen Leistungsstufen angegeben. Die effektiven Leistungsstufen sind abhängig von den Betriebsbedingungen.

Im tatsächlichen Betrieb sind außerdem die jeweiligen Einsatzgrenzen einzuhalten (siehe *BITZER SOFTWARE*).

Anlaufentlastung

Die Steuerkolben öffnen bei Stillstand automatisch, sodass der Verdichter entlastet anläuft.

Steuerung mit Magnetventilen

Die Anordnung der Magnetventile am Druckflansch ist der Maßzeichnung des jeweiligen Verdichters zu entnehmen, z.B. in der *BITZER SOFTWARE*. Welches Magnetventil bei der gewünschten Leistungsstufe stromlos und welches unter Spannung sein muss, ist in der jeweiligen Betriebsanleitung gezeigt:

- *SB-100*: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.53 .. 74
- *SB-500*: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.53 .. 74

HINWEIS
Magnetventile CR1 und CR2 in der richtigen Reihenfolge und min. 5 s zeitverzögert schalten. Der Betrieb mit Economiser ist nur bei ≥75% möglich.

4 HS.85, OS.85, CS.65 .. 96

Diese Verdichter sind standardmäßig mit einer "Dualen Leistungsregelung" mit Schiebersteuerung ausgestattet. Damit ist – ohne Verdichterumbau – sowohl eine stufenlose als auch eine 3- oder 4-stufige Regelung möglich. Die unterschiedliche Betriebsweise erfolgt lediglich durch entsprechende Ansteuerung der 4 Magnetventile. Die durch den Schieber mögliche automatische Anlaufentlastung verringert wesentlich das Anlaufmoment und die Hochlaufzeiten – dies schont die Mechanik und den Motor und reduziert die Netzbelastung.

CR-Schieber

Der CR-Schieber ist parallel zu den Rotorachsen im Übergangsbereich zwischen Haupt- und Nebenläufer angeordnet und exakt an die Gehäusekontur angepasst. Die spezielle Geometrie des Schiebers erlaubt (je nach Anwendung) eine bedarfsabhängige Veränderung des internen Volumenverhältnisses V_i und hohe Wirkungsgrade auch in Teillast. Der z.T. integrierte Economiserkanal ermöglicht einen wirtschaftlichen Economiserbetrieb über den gesamten Regelbereich.

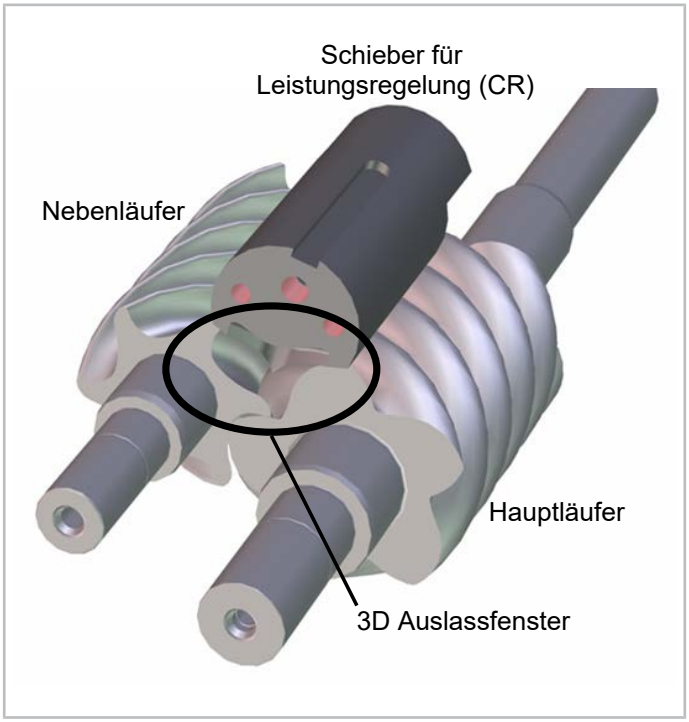

Abb. 5: Schematische 3D-Ansicht des CR-Schiebers zwischen Haupt- und Nebenläufer

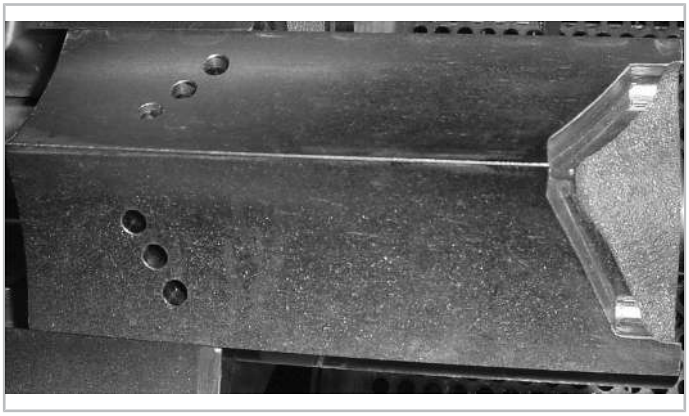

Abb. 6: CR-Schieber für CSH85 mit ECO-Kanal. Bei CSW- und CSH.6-Verdichtern fehlt der ECO-Kanal im Schieber, er ist stattdessen fest im Gehäuse integriert.

Die folgende Abbildung stellt die Regelung mit einer vereinfachten Abwicklung der Rotoraußenflächen und des Schiebers dar.

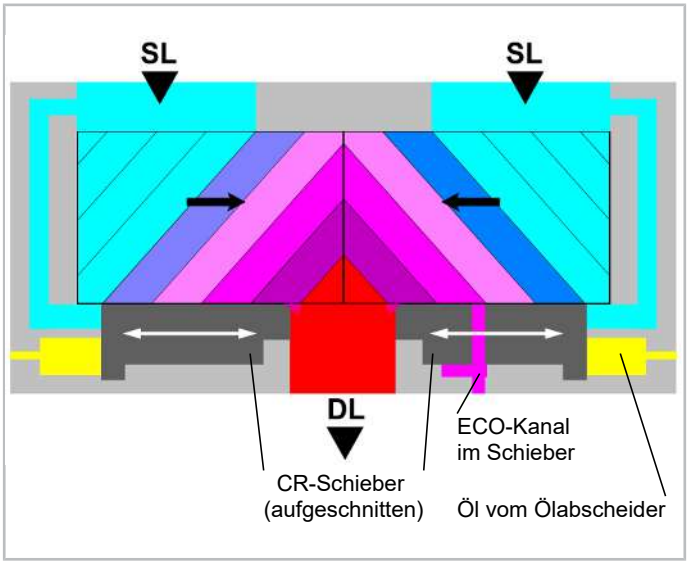

Abb. 7: Duale (stufenlose oder stufige) Leistungsregelung durch CR-Schieber und ECO-Kanal im Schieber, abgewickelte Ansicht.
SL: Sauggasleitung
DL: Druckgasleitung

Hydraulische Schaltung

Die Ansteuerung der Leistungsregelung erfolgt über Magnetventile (CR 1 .. 4), die am Verdichter angeflanscht sind.

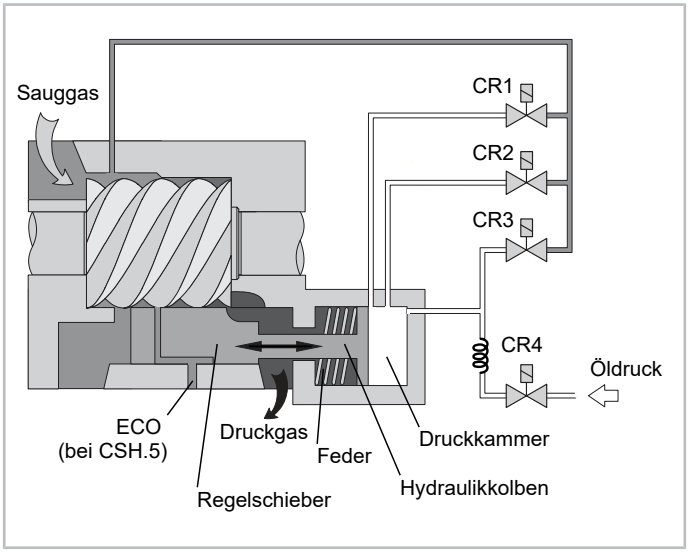

Abb. 8: Hydraulische Schaltung für die duale Leistungsregelung mit CR-Schieber und Magnetventilen CR1 .. 4. (Bei CSH.6 und CSW ist der Economiseranschluss fest im Gehäuse integriert.)

Der Hydraulikkolben steuert den CR-Regelschieber und damit das Ansaugvolumen:

- Bei Volllast befindet sich der Schieber in der linken Anschlagsposition (Saugseite). Drehen sich die Rotoren, wird der gesamte Profilraum mit Sauggas gefüllt (100% Förderleistung).
- Je nach Ansteuerung der Ventile CR1, CR2 oder CR3 bewegt sich der Hydraulikkolben bis zur entsprechenden Bohrung. Durch das Druckgas und die Feder wird der Schieber zur Hochdruckseite (nach rechts) bewegt. Je weiter er sich bewegt, desto kleiner ist das verfügbare Profilvolumen bzw. die aktive Rotorlänge – weniger Kältemittel wird angesaugt, Massenstrom und Kälteleistung sinken.
- Ist das Ventil CR4 geöffnet, steigt der Druck in der Druckkammer. Der Schieber wird zur Saugseite hin geschoben, die Kälteleistung steigt.
- Für stufige Regelung wird CR4 jeweils taktend geöffnet (z.B. 10s), für stufenlose Regelung werden CR2, CR3 oder CR4 pulsierend geöffnet (z.B. 0,5s).

Anlaufentlastung

Bei Stillstand und beim Anlauf ist Magnetventil CR3 geöffnet, der Druck im Hydraulikzylinder wird vollständig abgebaut. Die Feder drückt den Schieber ganz zur Hochdruckseite (ggf. Pausenzeit laut Betriebsanleitung beachten!). Beim Einschalten läuft der Verdichter in entlastetem Zustand an. Bei Bedarf wird das Ventil CR4 angesteuert und dadurch der Schieber zur Saugseite hin verschoben. Durch Ansteuerung der Ventile CR1 .. CR3 steigt die Kälteleistung bis auf den vorgegebenen Stand.

3- bzw.4-stufige Leistungsregelung

Die stufige Leistungsregelung ist besonders für Anlagen mit einer großen Trägheit geeignet, z.B. bei indirekter Kühlung wie bei Flüssigkeitskühlsätzen. Bei Parallelbetrieb mehrerer Verdichter (Verbundanlagen) ist der Leistungsunterschied pro Stufe bezogen auf die Gesamtleistung sehr gering und damit eine nahezu stufenlose Regelung möglich. Wesentlich ist dabei die vergleichsweise einfache Steuerungslogik.

Die 4-stufige Regelung erlaubt nominale Leistungen von 25%, 50%, 75% und 100%. Die Stufe 25% fungiert vor allem als Anlaufentlastung.

HINWEIS
Hier sind die nominalen Leistungsstufen angegeben. Die effektiven Leistungsstufen sind abhängig von den Betriebsbedingungen.

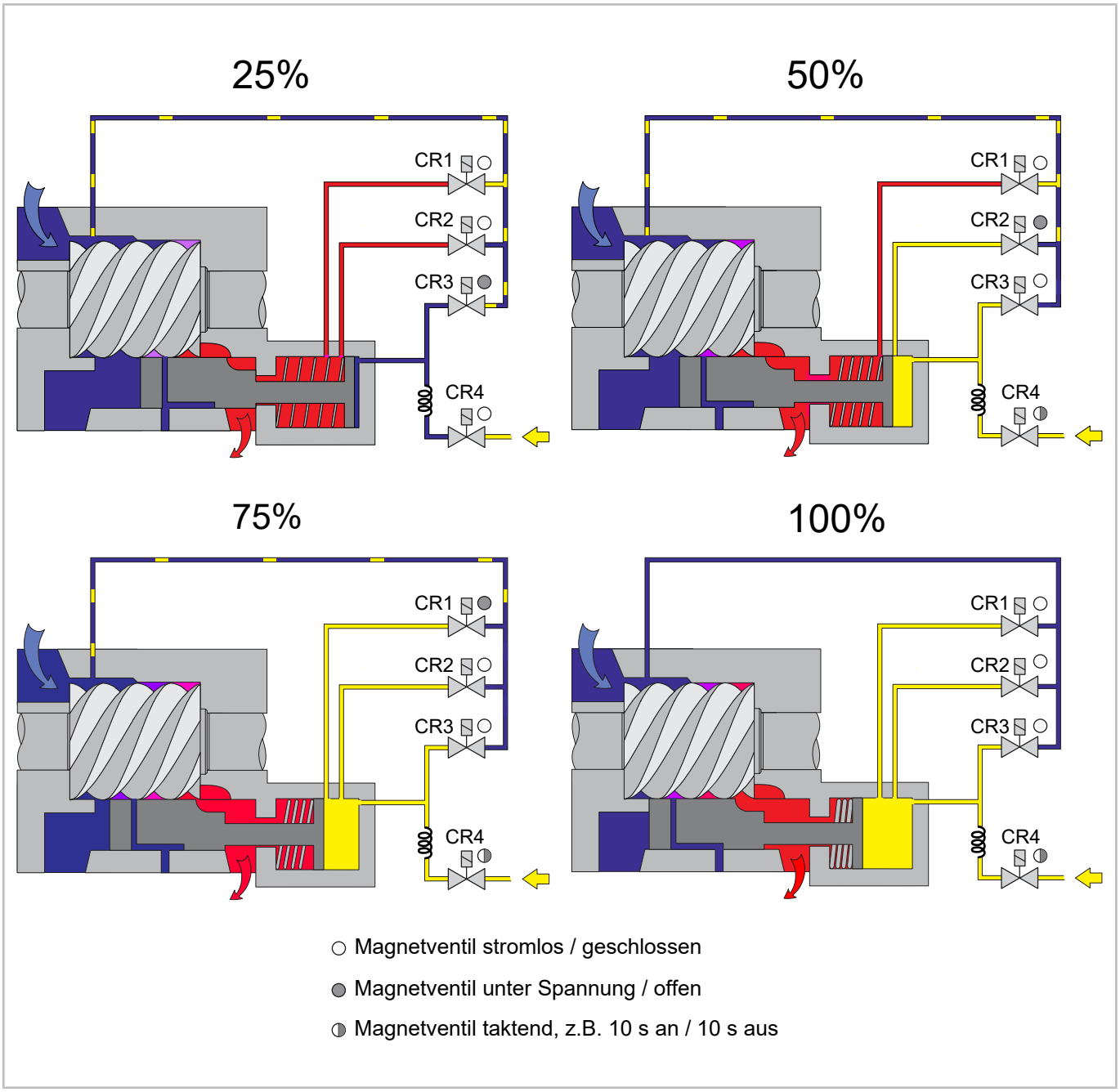

Abb. 9: Stufige Leistungsregelung mit CR-Schieber, 25 .. 100%.
Die 25%-Stufe gilt auch für Stillstand und Anlauf.
Blau: Sauggas
Rot: Druckgas
Gelb: Öldruck
Bei Stillstand muss CR3 geöffnet sein. Die Rückstellung des Schiebers auf Anlaufentlastung erfolgt durch die Federkraft. Aufgrund des Economiserkanals im Schieber ist Economiserbetrieb auch in Teillast möglich.

Wann und in welchen zeitlichen Abständen zwischen den Leistungsstufen umgeschaltet wird, muss sorgfältig an die Trägheit der jeweiligen Anlage angepasst werden. Die Taktzeit des Ventils CR4 sollte vor Inbetriebnahme auf etwa 20 s eingestellt werden, also 10 s Impuls und 10 s Pause. Generell ist eine individuelle Einstellung gemäß

Anlage notwendig. Vor allem bei Anlagen mit hoher Druckdifferenz können auch kürzere Intervalle nötig sein, daher sollten hier einstellbare Zeitrelais eingesetzt werden.

Häufig empfiehlt sich hier eine Begrenzung der minimalen Kälteleistung auf ca. 50% (vgl. Einsatzgrenzen in der *BITZER SOFTWARE*). Die Steuerung erfolgt dann sinngemäß mit den Ventilen CR4 (taktend) sowie CR1 (75%) und CR2 (50%). Bei R717 ist 50% immer Minimum, 25% ist nur beim Anlauf möglich.

Stufenlose Regelung

Die stufenlose Leistungsregelung empfiehlt sich bei Anlagen mit Einzelverdichtern, die eine hohe Regelgüte erfordern. Mit den Magnetventilen CR3 und CR4 wird zwischen 100% und nominal 25% geregelt, mit den Ventilen CR2 und CR4 zwischen 100% und nominal 50%. Durch pulsierendes Öffnen und Schließen des entsprechenden Magnetventils (CR3 und CR4 bzw. CR2 und CR4) wird der Steuerkolben in kurzen Zeitintervallen von der passenden Seite aus angesteuert. Der Schieber wird mit jedem Impuls etwas weiter verschoben. Das Regelungsprinzip ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

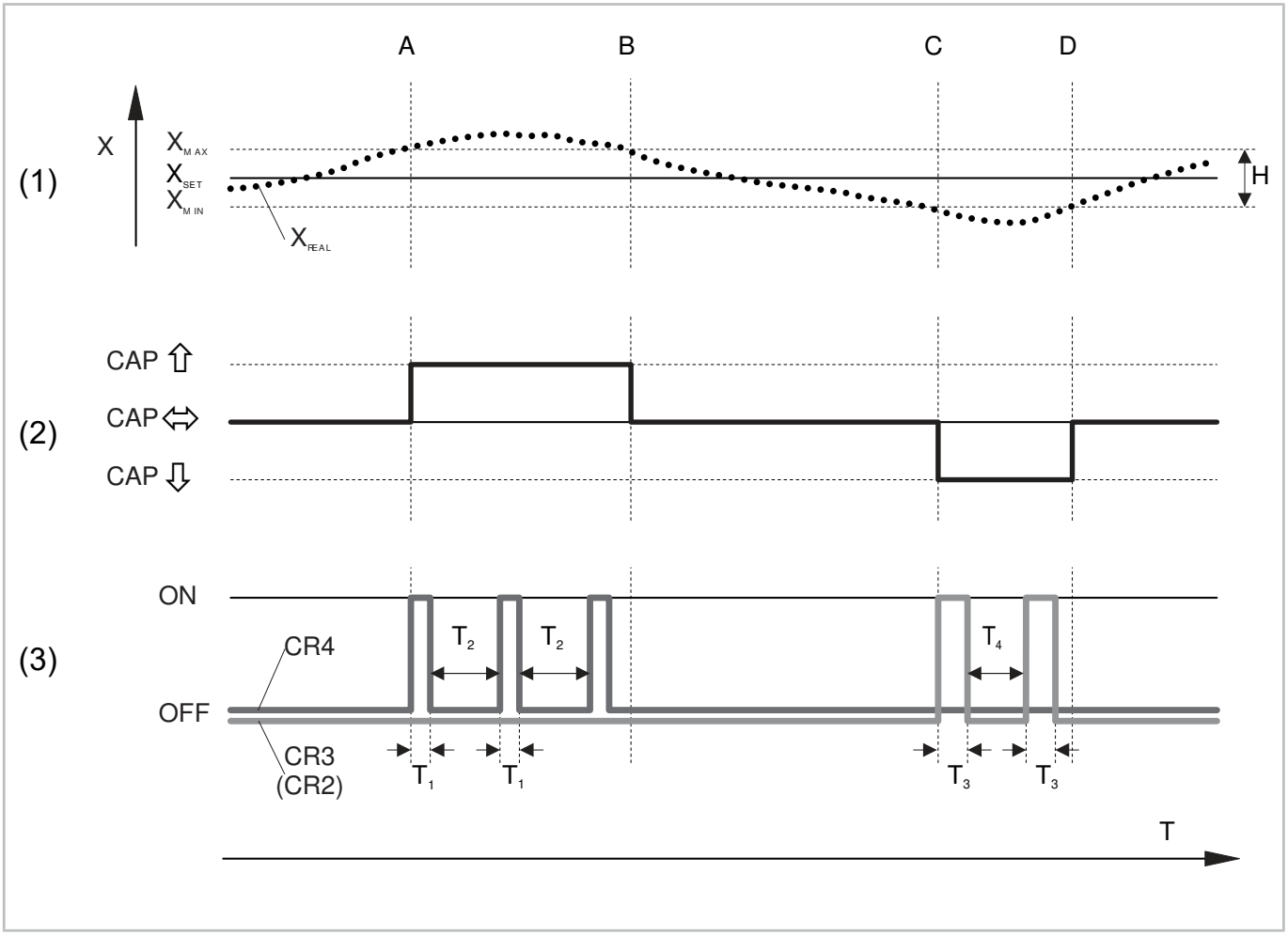

Abb. 10: Stufenlose Leistungsregelung

(1): Regelgröße

(2): Steuerthermostat, Signalausgang an Taktgeber

(3): CR-Magnetventile (pulsierend), angesteuert durch Taktgeber

A .. D: Betriebspunkte

X: Regelgröße (z.B. Luft- / Wassertemperatur am Verdampfer oder Saugdruck)

X_{set}: Sollwert

X_{max}: oberer Schaltpunkt

X_{min}: unterer Schaltpunkt

X_{real}: Ist-Wert

H: eingestellter Regelbereich

CAP: Kältebedarf (erhöht, unverändert, geringer)
ON: CR-Magnetventil geöffnet
OFF: CR-Magnetventil geschlossen
T: Zeit
T_1, T_3: Impulszeit (ca. 0,5s .. max. 1s), Magnetventil geöffnet
T_2, T_4: Pausenzeit, Magnetventil geschlossen

- Liegt der Ist-Wert der Regelgröße X innerhalb des eingestellten Bereichs H, ist der Kältebedarf der Anlage **unverändert**. Der Schieber muss nicht verstellt werden, es werden keine Magnetventile angesteuert.
- Überschreitet der Ist-Wert den oberen Schaltpunkt, liegt ein **erhöhter Kältebedarf** vor (Betriebspunkt A in Abb. oben). Das Magnetventil CR4 wird solange in kurzen Zeitintervallen geöffnet, bis der Ist-Wert wieder im eingestellten Bereich liegt (Betriebspunkt B). Der Verdichter arbeitet mit erhöhter Kälteleistung.
- Bei **reduziertem Kältebedarf** wird der untere Schaltpunkt unterschritten (Betriebspunkt C). Jetzt öffnet das Magnetventil CR3 in kurzen Zeitintervallen so lange, bis der untere Schaltpunkt wieder überschritten wird (Betriebspunkt D). Damit ist der eingestellte Bereich wieder erreicht, der Verdichter arbeitet mit reduzierter Kälteleistung.

Es empfiehlt sich, einen PID-Regler (Proportional-Integral-Differential-Regler) einzusetzen – ansonsten ist auf Folgendes zu achten:

- Die Wegezeiten des Schiebers sind kurz. Die Impulszeiten (T_1, T_3) sollten im Bereich von 0,5 s liegen, jedoch keinesfalls 1 s überschreiten.
- Die Pausenzeiten zwischen zwei Impulsen (T_2, T_4) müssen sorgfältig und individuell an die Trägheit der jeweiligen Anlage angepasst werden.
- Um Pendelbetrieb zu vermeiden, sollten Folgeimpulse abhängig von der Abweichung der Regelgröße unter Berücksichtigung der Anlagenträgheit erfolgen.

Eine Begrenzung auf minimal ca. 50% Kälteleistung ist in folgenden Fällen nötig:

- Bei allen **R717**-Anlagen (außer beim Anlauf).
- Bei **HSN85 und OSN85** wegen der hohen Druckverhältnisse: Der Verdichter muss in der 25%-Stufe anlaufen (CR3 ist während des Stillstands unter Spannung).
- Bei Betrieb von **HSK85, OSK85 und CS.65 .. 96** mit hohen Druckverhältnissen bzw. hoher Verflüssigungstemperatur, u.a. mit Blick auf die thermische Einsatzgrenze (siehe *BITZER SOFTWARE*).
- Bei **Anlagen mit mehreren Verdichtern** in getrennten Kreisläufen oder im Parallelverbund.
  Die Leistungsregelung 50 .. 100% in Verbindung mit Zu- und Abschalten einzelner Verdichter ermöglicht hier eine besonders wirtschaftliche Betriebsart – ohne wesentliche Einschränkung im Anwendungsbereich.
  Parallelverbund von **HSK oder OSK**: Falls nur noch der Grundlastverdichter in Betrieb ist, kann er auch sehr effektiv bis nominell 25% Restleistung betrieben werden (mit Ventilen CR3 und CR4) – wegen der im Teillastbereich üblicherweise geringeren Verflüssigungstemperatur in solchen Anlagen.

Steuerung mit Magnetventilen

Die Anordnung der Magnetventile am Druckflansch ist der Maßzeichnung des jeweiligen Verdichters zu entnehmen, z.B. in der *BITZER SOFTWARE*. Bei neueren Verdichtern sind die Anschlüsse der Magnetventile z.T. auch am Gehäuse mit 25%, 50%, 75% und 100% beschriftet. Welches Magnetventil bei der gewünschten Leistungsstufe stromlos und welches unter Spannung sein muss, ist in der jeweiligen Betriebsanleitung gezeigt:

- *SB-110*: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.85 .. 95
- *SB-520*: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.85, OS.95, OS.105
- *SB-170*: Betriebsanleitung Halbhermetische Kompaktschraubenverdichter CS.65 .. 105

5 HS.95, OS.95 .. 105, CS.105

Diese Verdichter sind mit einer automatischen stufenlosen Leistungsregelung (Schiebersteuerung) ausgerüstet. Das Verdichtermodul CM-SW steuert die 4 Magnetventile an. Durch die angebundene Steuerungselektronik lassen sich bei Bedarf und je nach Einsatzgrenze (siehe *BITZER SOFTWARE*) auch bestimmte Teillastpunkte gezielt ansteuern.

Zahlreiche Betriebsdaten des Verdichters können mit der BEST SOFTWARE während des Betriebs verfolgt werden, beispielsweise der Betriebspunkt im Einsatzgrenzdiagramm. Diese Daten werden aufgezeichnet und erlauben eine Diagnose des Anlagenbetriebs. Vier farbige LEDs signalisieren den Betriebszustand des Verdichtermoduls.

Doppelschieber

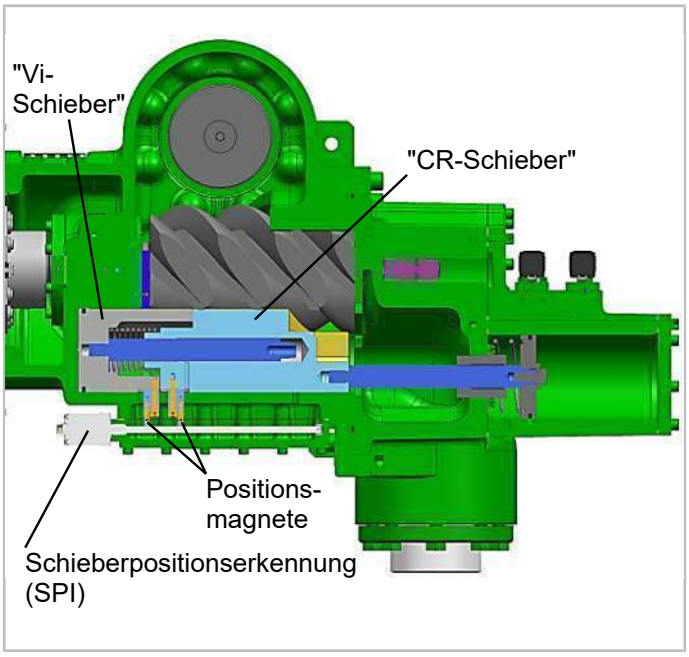

Abb. 11: Schematischer Aufbau der kombinierten CR- und V_i-Schieber bei OS.95 .. 105, HS.95 und CS.105 Verdichtern

Eine stufenlose Regelung von 25 .. 100% nominal ist möglich.

HINWEIS
Hier sind die nominalen Leistungsstufen angegeben. Die effektiven Leistungsstufen sind abhängig von den Betriebsbedingungen.

Anlaufentlastung

Das Verdichtermodul positioniert den Leistungsregelungsschieber beim Abschalten so, dass der Verdichter entlastet anläuft. Bei FU-Betrieb (dazu siehe *ST-420*) werden die Schieber nicht vollständig entlastet. Dadurch erreicht der Verdichter auch bei niedriger Drehzahl schnell einen Betriebszustand innerhalb der Einsatzgrenze.

Steuerung mit Magnetventilen

Die Anordnung der Magnetventile CR+, CR–, V_i+ und V_i– am Druckflansch ist der Maßzeichnung des jeweiligen Verdichters zu entnehmen, z.B. in der *BITZER SOFTWARE*. Die Steuerung erfolgt automatisch durch das Verdichtermodul CM-SW, für Details:

- *ST-150*: Verdichtermodul CM-SW-01 für Schraubenverdichter

6 Überblick Leistungsbereiche

Verdichter	Leistungsbereich		Details siehe
	stufige Regelung	stufenlose Regelung	
HS.53 .. 74	je nach Verdichter z.B. 40 – 60 – 100%, 55 – 80 – 100%, 70 – 90 – 100%	–	• *SP-100*: Prospekt Halbhermetische Schraubenverdichter HS.53 .. HS.95
OS.53 OS.7441	75 – 100%	–	• *SP-500*: Prospekt Offene Schraubenverdichter OS.53 .. OS.105
OS.74 (außer OS.7441)	50 – 75 – 100%	–	• *SP-500*: Prospekt Offene Schraubenverdichter OS.53 .. OS.105
HS.85	50 – 75 – 100% (für Anlaufentlastung und bei HSK85 mit kleinen Druckverhältnissen auch 25%)	50 .. 100%	• *SP-100*: Prospekt Halbhermetische Schraubenverdichter HS.53 .. HS.95
OS.85	50 – 75 – 100% (für Anlaufentlastung und bei OSK85 mit kleinen Druckverhältnissen auch 25%)	50 .. 100%	• *SP-500*: Prospekt Offene Schraubenverdichter OS.53 .. OS.105
CS.65 .. 96	25 – 50 – 75 – 100%	25 .. 100%	• *SP-170*: Prospekt Halbhermetische Kompaktschraubenverdichter CSH, CSW, CSVH, CSVW
HS.95 OS.95 .. 105 CS.105	–	25 .. 100% (bei OS.A95 .. 105 je nach Betriebspunkt 10 .. 100%)	• *ST-150*: Verdichtermodul CM-SW-01 für Schraubenverdichter

Tab. 2: Leistungsbereiche der BITZER Schraubenverdichter mit stufiger bzw. stufenloser Regelung

HINWEIS
Hier sind die nominalen Leistungsstufen angegeben. Die effektiven Leistungsstufen sind abhängig von den Betriebsbedingungen.

7 ECO-Betrieb bei Teillast

Je nach Typ der Leistungsregelung und Bauart des ECO-Anschlusses ist der ECO-Betrieb auch in Teillast möglich. Einen Überblick gibt die folgende Tabelle.

Verdichter	Typ der mechanischen Leistungsregelung	ECO-Anschluss	ECO bei mechanisch geregelter Teillast möglich?	ECO bei drehzahlgeregelter Teillast (FU) möglich?
HS.53 .. 74	stufig durch Steuerkolben	fest platziert im Gehäuse	ja, bei Leistungstufe 75%	ja
HS.85	dual (stufenlos oder stufig) durch CR-Schieber	integriert in CR-Schieber	ja	ja
HS.95	stufenlos durch Doppelschieber (CR+V_i)	fest platziert im Gehäuse	ja, bei Leistung ≥80% und in Absprache mit BITZER	ja
OS.53 .. 74 OS.A53 .. 74	stufig durch Steuerkolben	fest platziert im Gehäuse	ja, bei Leistungsstufe 75%	ja
OS.85 OS.A85	dual (stufenlos oder stufig) durch CR-Schieber	integriert in CR-Schieber	ja	ja
OS.A95 .. 105	stufenlos durch Doppelschieber (CR+V_i)	fest platziert im Gehäuse	ja, bei Leistung ≥80% und in Absprache mit BITZER (s. unten!)	ja (s. unten!)
CSH65 .. 95	dual (stufenlos oder stufig) durch CR-Schieber	integriert in CR-Schieber	ja	ja
CSH76 .. 96	dual (stufenlos oder stufig) durch CR-Schieber	fest platziert im Gehäuse	nein	ja
CSW65 .. 95	dual (stufenlos oder stufig) durch CR-Schieber	fest platziert im Gehäuse	nein	ja
CSW105	stufenlos durch Doppelschieber (CR+V_i)	fest platziert im Gehäuse	ja, bei Leistung ≥80% und in Absprache mit BITZER	ja
CSV	--	fest platziert im Gehäuse	-- (nur FU-Betrieb)	ja
VSK	stufig durch Steuerkolben	--	--	--

Tab. 3: Überblick ECO-Betrieb bei Teillast. Bei drehzahlgeregelter Teillast (z.B. durch Frequenzumrichter) ist ECO immer nutzbar, weil die mechanische Leistungsregelung in diesem Fall üblicherweise auf 100% bleibt (vgl. Technische Information *ST-420*).
CR: Leistungsregler ("capacity regulator")
FU: Frequenzumrichter
V_i: internes Volumenverhältnis (Volumen Saugseite / Volumen Druckgasseite)

OS.A95 und OS.A105: Pulsationsdämpfer bei Economiserbetrieb

Für OS.A95 und OS.A105 Verdichter im ECO-Betrieb ist ein Pulsationsdämpfer in der ECO-Leitung empfohlen bzw. notwendig. Zwei Optionen stehen zur Verfügung:

- Ein Dämpfersystem, bestehend aus Dämpfer, Rückschlagventil, Steuerventil (für OS.A95 ein Exemplar, für OS.A105 zwei Exemplare nötig)

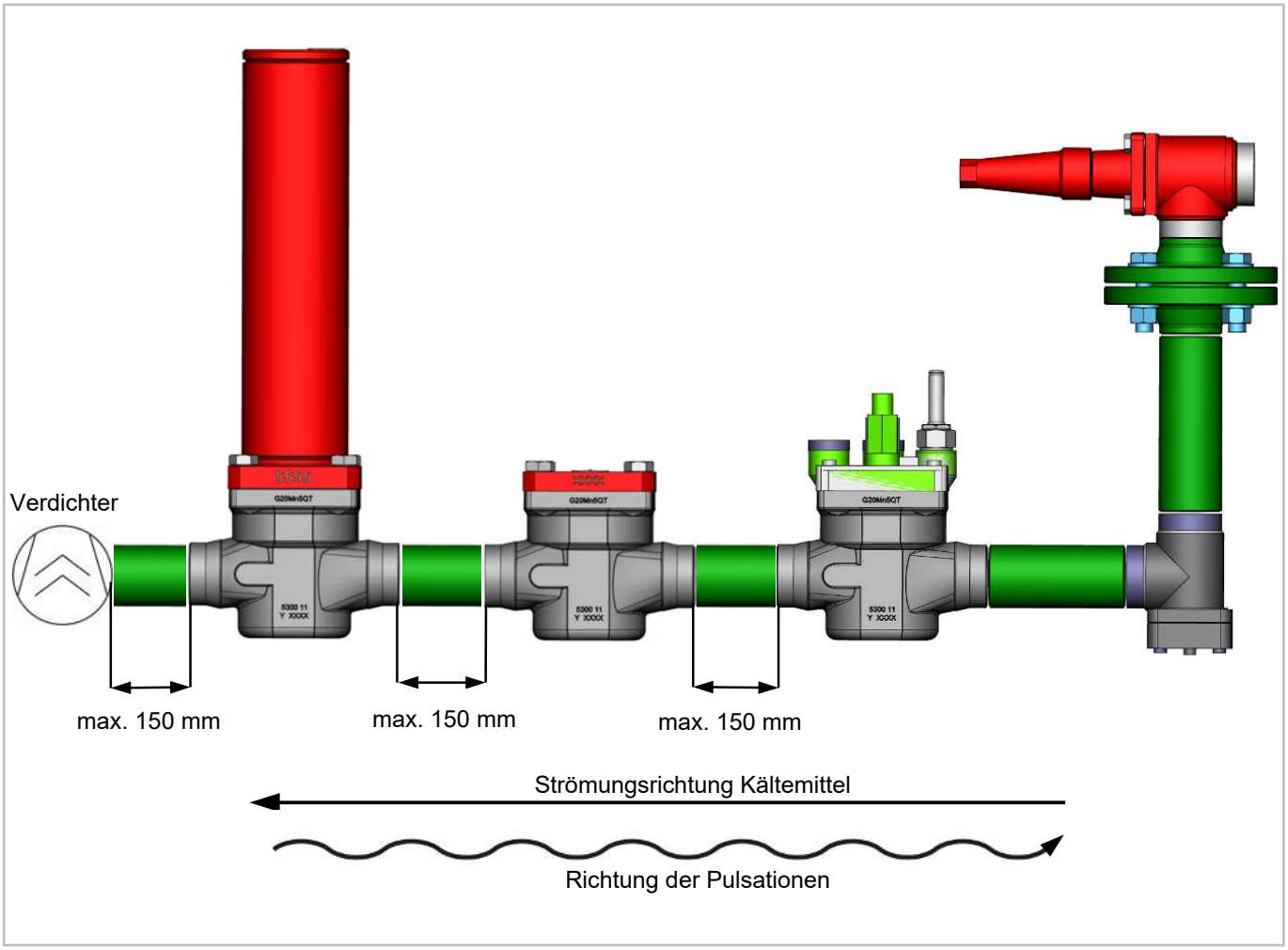

Abb. 12: Dämpfersystem mit Dämpfer, Rückschlagventil und Steuerventil

- Ein einfacher Pulsationsdämpfer der Bezeichnung SD42 (Teilenr. EPARTS: 354 004 05)

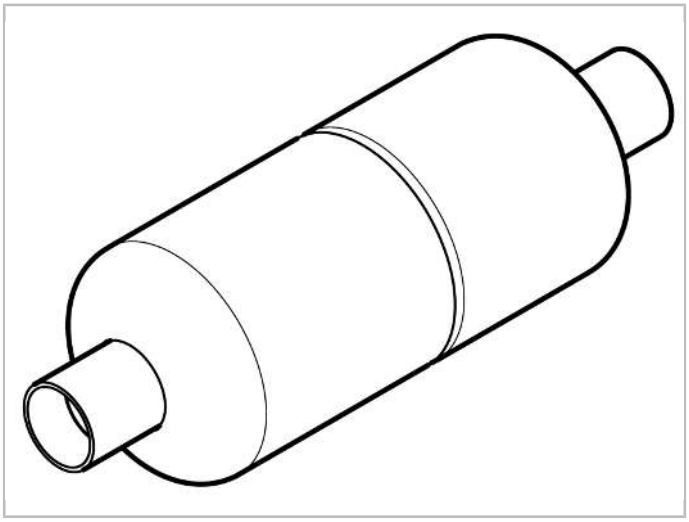

Abb. 13: Einfacher Pulsationsdämpfer SD42 im ECO-Anschluss, Teilenr. 354 004 05

Für den Betrieb bei Verflüssigungstemperaturen > 40°C und/oder Verdampfungstemperaturen > 10°C muss das Dämpfersystem verwendet werden, im übrigen Bereich empfiehlt BITZER der Pulsationsdämpfer SD42. Für Details siehe folgende Abbildung und Tabelle.

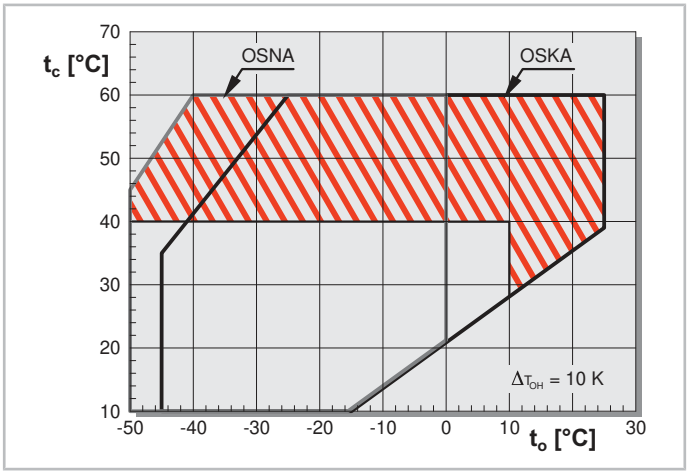

Abb. 14: Einsatzgrenze OS.A95 und OS.A105 Schraubenverdichter bei ECO-Betrieb. Im schraffierten Bereich ist das ECO Dämpfersystem vorgeschrieben.

Geplanter Betriebsbereich	Pulsationsdämpfer	Möglicher Umfang der Leistungsregelung
Betrieb im schraffierten Bereich der Einsatzgrenze (t_c > 40°C und/oder t_o > 10°C)	Economiser Dämpfersystem ist vorgeschrieben	• Schieber 80% .. 100% und Festfrequenz 50/60 Hz • oder Schieber 100% und variable Frequenz 25 .. 67 Hz
Betrieb außerhalb des schraffierten Bereichs der Einsatzgrenze (t_c < 40°C und t_o < 10°C)	Optional: Economiser Dämpfersystem	• Schieber 80% .. 100% und Festfrequenz 50/60 Hz • oder Schieber 100% und variable Frequenz 25 .. 67 Hz
	Optional: einfacher Pulsationsdämpfer SD42 im ECO-Anschluss	• Schieber 80% .. 100% und Festfrequenz 50/60 Hz

Tab. 4: OS.A95 und OS.A105 Verdichter mit ECO-Betrieb: empfohlene Pulsationsdämpfer und Kombination mit Leistungsregelung

Siehe auch:

- *ST-420*: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Schraubenverdichtern
- *ST-610*: Economiser-Betrieb bei Schraubenverdichtern

Table of contents

1 Introduction 21

2 Safety 22

3 HS.53 .. 74, OS.53 .. 74 24

4 HS.85, OS.85, CS.65 .. 96 28

5 HS.95, OS.95 .. 105, CS.105 34

6 Overview capacity ranges 35

7 ECO operation at part load 36

1 Introduction

The following main methods are used for capacity control of compressors:

- on-off control, if necessary of tandem compressors or several compressors in a compound
- integrated mechanical capacity control
- speed control, e.g. with frequency inverter

This document explains the integrated mechanical capacity control. It is available for all BITZER screw compressors and is implemented differently depending on the series. The lowest capacity step usually also functions as start unloading; if necessary, a certain pause time must be observed before restarting the compressor.

For capacity control of BITZER compressors in general, see *A-600*.
For schematic wiring diagrams for different control variants:

- *AT-300*: Schematic wiring diagrams for BITZER products

The following variants of mechanical capacity control are found in BITZER screw compressors:

	Characterisation	V_i (internal volume ratio)	ECO port	in compressors
stepped capacity control by control pistons	2 control pistons shift the suction side sealing contour in 2 steps (75 and 50%), low pressure drop	V_i changes with the capacity step, because the suction gas volume is reduced, but the discharge gas port is not.	fixed ECO port near discharge gas port	HS.53 .. 74 OS.53 .. 74
dual capacity control by CR slider	stepless or 3- resp. 4-step slider control with V_i compensation, no pressure drop	V_i varies with capacity, because suction gas volume and discharge gas port / internal discharge port are modified. For CR >75%, V_i is often constant, for CR <75%, it is reduced.	With HS.85, OS.85 and CSH.5 integrated in slider. With CSH.6 and CSW fixed in the housing.	HS.85 OS.85 CS.65 .. 96
stepless capacity control by double slider	combined CR and V_i sliders, controlled by CM-SW module	V_i is automatically adjusted: At full load, CR and V_i slider move together, the discharge port is modified. At part load, the sliders move independently, the V_i control range is reduced.	fixed in the housing	HS.95 OS.95 .. 105 CS.105

Tab. 1: Overview capacity control for BITZER screw compressors
CR: capacity regulator
V_i: internal volume ratio (volume suction side / volume discharge gas side)

For the combination of capacity control and ECO operation: *ECO operation at part load*.

Also observe the following technical documents

- *SB-100*: Operating instructions Semi-hermetic screw compressors HS.53 .. 74
- *SB-110*: Operating instructions Semi-hermetic screw compressors HS.85 .. 95
- *SB-170*: Operating instructions Semi-hermetic compact screw compressors CS.65 .. 105
- *SB-500*: Operating instructions Open drive screw compressors OS.53 .. 74
- *SB-520*: Operating instructions Open drive screw compressors OS.85, OS.95, OS.105
- *ST-420*: BITZER screw compressors with external frequency inverters

- *ST-610*: Economiser operation of screw compressors

2 Safety

Authorized staff

All work done on the products and the systems in which they are or will be installed may only be performed by qualified and authorised staff who have been trained and instructed in all work. The qualification and competence of the qualified staff must correspond to the local regulations and guidelines.

Residual risks

The products, electronic accessories and further system components may present unavoidable residual risks. Therefore, any person working on it must carefully read this document! The following are mandatory:

- relevant safety regulations and standards
- generally accepted safety rules
- EU directives
- national regulations and safety standards

Depending on the country, different standards are applied when installing the product, for example: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL standards.

Personal protective equipment

When working on systems and their components: Wear protective work shoes, protective clothing and safety goggles. In addition, wear cold-protective gloves when working on the open refrigeration circuit and on components that may contain refrigerant.

Fig. 1: Wear personal protective equipment!

Safety references

Safety references are instructions intended to prevent hazards. They must be stringently observed!

NOTICE
Safety reference to avoid situations which may result in damage to a device or its equipment.

CAUTION
Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which may result in minor or moderate injury.

WARNING
Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which could result in death or serious injury.

DANGER
Safety reference to avoid an imminently hazardous situation which may result in death or serious injury.

In addition to the safety references listed in this document, it is essential to observe the references and residual risks in the respective operating instructions!

3 HS.53 .. 74, OS.53 .. 74

The capacity of these compressors is controlled in several steps with the help of hydraulically actuated control pistons. They engage directly in the profile area and reduce the displacement. The control pistons are precisely adapted to the contour of the rotor housing; in full load operation, they are in absolutely positive contact - with the face flange (axial pistons) or profile space (radial piston). This makes the housing particularly stable, and the gaps between rotors and housing remain within narrow limits even at high temperatures and pressures.

Control pistons

For part load operation, the pistons move one after the other to the rear position, releasing amply dimensioned openings between profile space and suction side. The suction gas is conveyed directly into a profile area with reduced suction volume. This reduces the active profile volume resp. the active rotor length and thus also the displacement resp. capacity. The control is designed for two steps, so that the compressor capacity can be adapted very precisely to the load condition of the system by switching the 1 or 2 solenoid valves intermittently.

Due to the direct hydraulic actuation of the control pistons, no additional components are required for protection against liquid slugging or for start unloading. The pistons open whenever the pressure in the compression chamber is above their actuating pressure - this is usually the oil or condensing pressure. This ensures automatic start unloading as well as protection against severe over-compression.

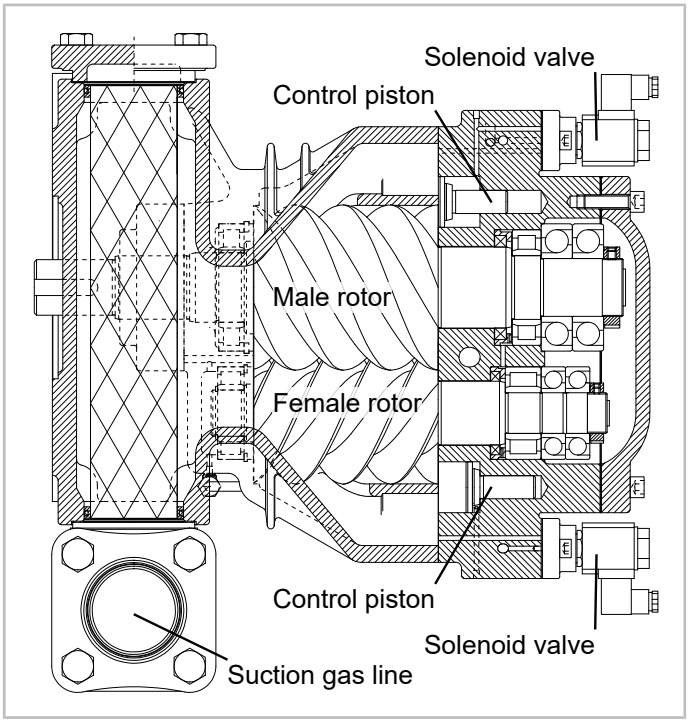

Fig. 2: View from above of compressor OSN74 with 2 control pistons and the associated solenoid valves

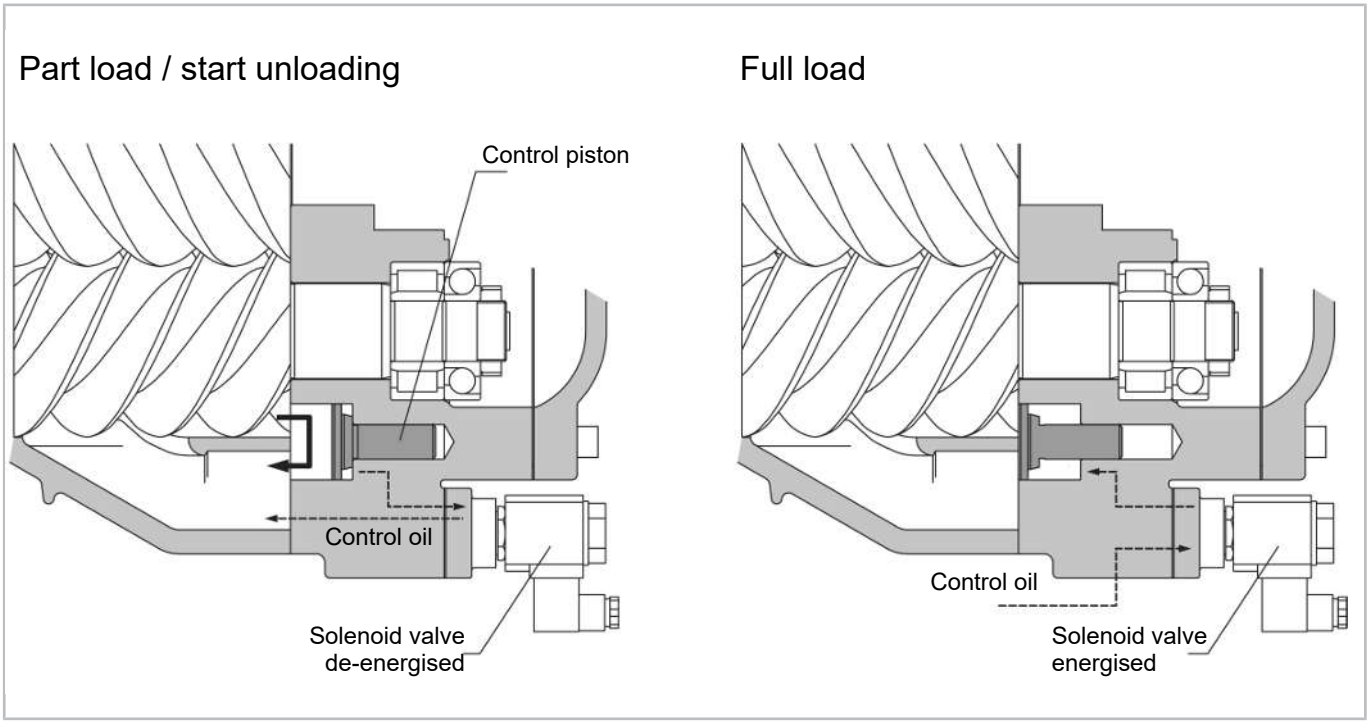

Fig. 3: Constructional design of the capacity control or start unloading for OS.74 compressors. The picture shows one of the two control pistons and the associated solenoid valve. For OS.53 and OS.7441 compressors, the functional principle is similar, but the overflow opening to the suction side is located on the periphery of the male rotor.

Solenoid valve de-energised = port is open = capacity reduced.
Solenoid valve energised = port is closed = capacity increased.

Stepped capacity control

The following figure shows the control with a simplified view of the unwound outer surfaces of the rotors.

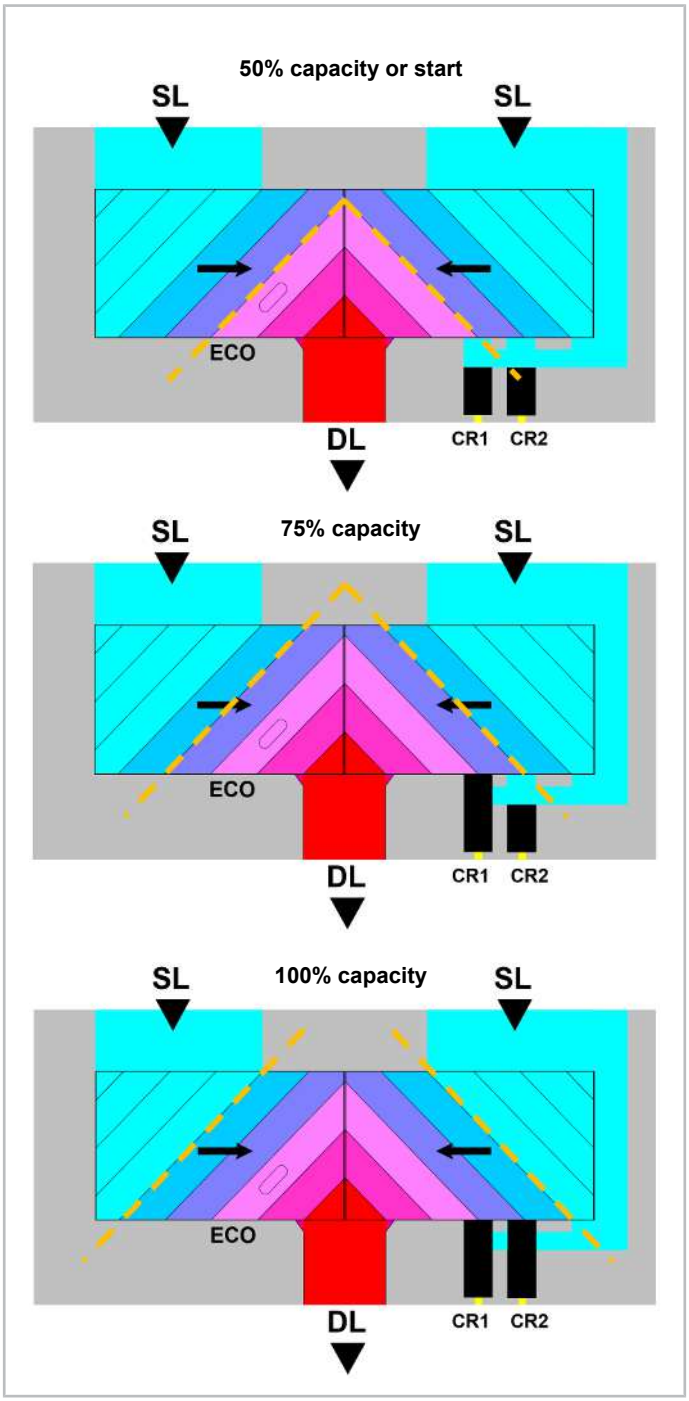

Fig. 4: Stepped capacity control for OS.A53 or OS.A74 compressor with 2 control pistons (CR1, CR2) and fixed economiser port, unwound view.
SL: suction gas line
DL: discharge gas line
dashed line: end of the suction process
ECO may only be used ≥75%.
OS.A53: CR1 is optional.
OS.A74: CR1 and CR2 are standard.

NOTICE
The capacity steps given here are the nominal ones. The effective capacity steps depend on the operating conditions.

In actual operation, the respective application limits must also be observed (see *BITZER SOFTWARE*).

Start unloading

At standstill, the control pistons open automatically, so that the compressor starts unloaded.

Control with solenoid valves

The arrangement of the solenoid valves on the discharge flange can be found in the dimensional drawing of the respective compressor, e.g. in the *BITZER SOFTWARE*. Which solenoid valves must be energised and de-energised for the desired capacity step is shown in the respective operating instructions:

- *SB-100*: Operating instructions Semi-hermetic screw compressors HS.53 .. 74
- *SB-500*: Operating instructions Open drive screw compressors OS.53 .. 74

NOTICE
Switch solenoid valves CR1 and CR2 in the correct order and with a time delay of min. 5 s. Operation with economiser is only possible at ≥75%.

4 HS.85, OS.85, CS.65 .. 96

These compressors are equipped with a "dual capacity control" with slider as standard. This means that - without converting the compressor - both stepless and 3- or 4-step control is possible. The different operating modes are achieved by controlling the 4 solenoid valves accordingly. The automatic start unloading made possible by the slider significantly reduces starting torque and acceleration times - this protects the mechanics and the motor and reduces the load on power supply.

CR slider

The CR slider is placed parallel to the rotor axes between male and female rotor, and it is fitted exactly to the contour of the housing. The special geometry of the slider allows the internal volume ratio V_i to be changed as required and ensures high efficiency even at part load (depending on the application). The partly integrated ECO port enables economical ECO operation over the entire control range.

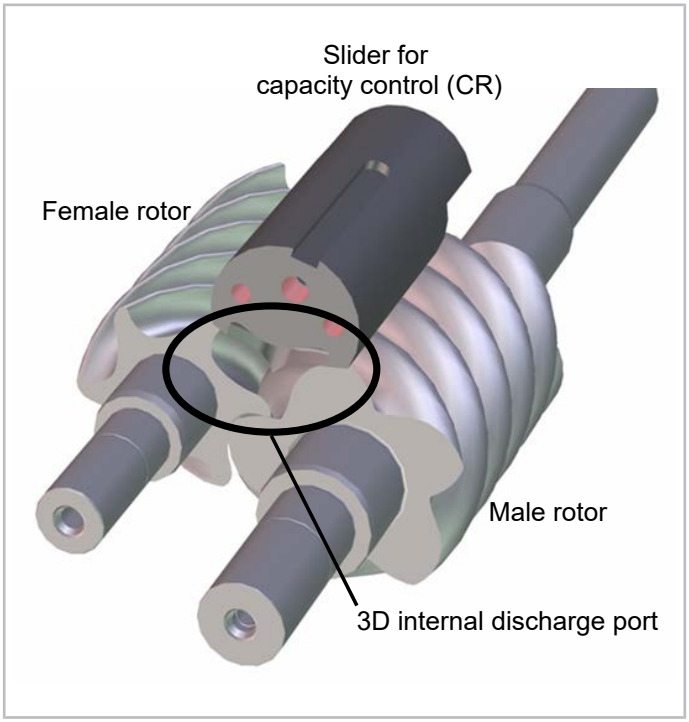

Fig. 5: Schematic 3D view of the CR slider between male and female rotor

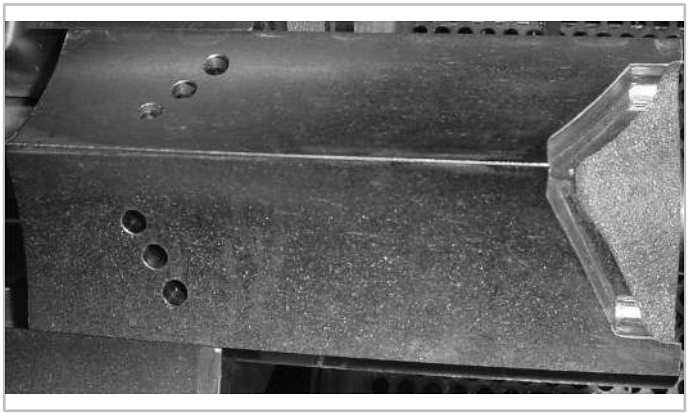

Fig. 6: CR slider for CSH85 with ECO port. With CSW and CSH.6 compressors, there is no ECO port in the slider; instead, it is permanently integrated in the housing.

The following figure shows the control with a simplified view of the unwound outer surfaces of the rotors.

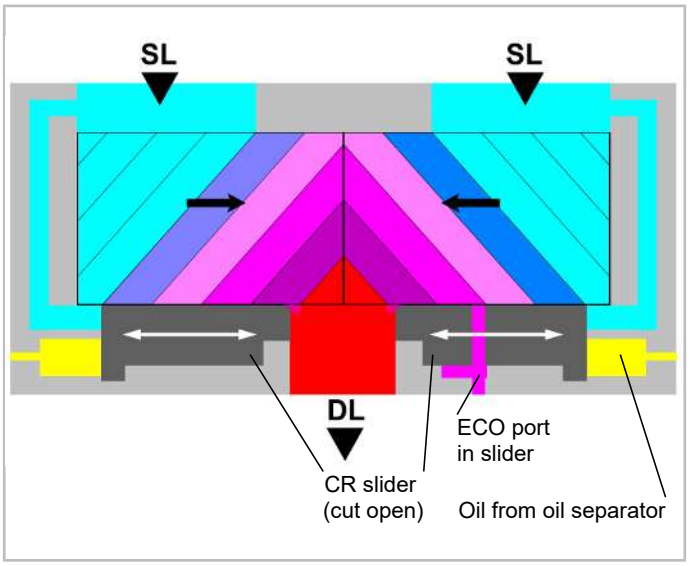

Fig. 7: Dual (stepless or stepped) capacity control by CR slider, unwound view.
SL: suction gas line
DL: discharge gas line

Hydraulic scheme

The capacity control is operated via solenoid valves CR 1 .. 4 which are flanged to the compressor.

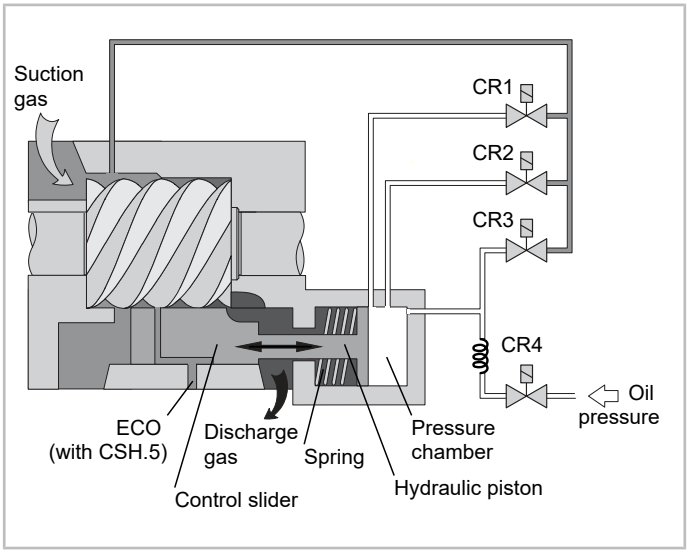

Fig. 8: Hydraulic scheme for dual capacity control with CR slider and solenoid valves CR1 .. 4. (With CSW and CSH.6 compressors, the ECO port is permanently integrated in the housing.)

The hydraulic piston controls the CR slider and thus the suction gas volume:

- At full load, the slider is in the left stop position (suction side). When the rotors turn, the entire profile space is filled with suction gas (100% delivery rate).
- Depending on the control of the valves CR1, CR2 or CR3, the hydraulic piston moves to the corresponding bore. The discharge gas and the spring move the slider to the high pressure side on the right. The further it moves, the smaller the available profile volume or the active rotor length – less refrigerant is conveyed, mass flow and refrigerating capacity decrease.

- If valve CR4 is open, pressure in the pressure chamber increases. The slider is pushed towards the suction side, the refrigerating capacity increases.
- For stepped control, CR4 is opened intermittently (e.g. 10 s). For stepless control, CR2, CR3 or CR4 are opened pulsatingly (e.g. 0,5 s).

Start unloading

At standstill and during start, solenoid valve CR3 is open, the pressure in the hydraulic cylinder is completely released. The spring pushes the slider all the way to the high pressure side (if necessary, observe the pause time according to the operating instructions). When switched on, the compressor starts unloaded. If necessary, valve CR4 is activated and the slider is moved to the suction side. By activating valves CR1, CR2 or CR3, the refrigerating capacity increases to the preset level.

3- or 4-stepped capacity control

Stepped capacity control is particularly suitable for systems with a large inertia, e.g. for indirect cooling such as liquid chillers. For parallel operation of several compressors (compound systems), the difference in capacity per step is very small in relation to the total capacity, so that almost stepless control is possible. The comparatively simple control logic is essential here.

The 4-step control allows nominal capacities of 25%, 50%, 75% and 100%. The 25% step functions primarily as start unloading.

NOTICE
The capacity steps given here are the nominal ones. The effective capacity steps depend on the operating conditions.

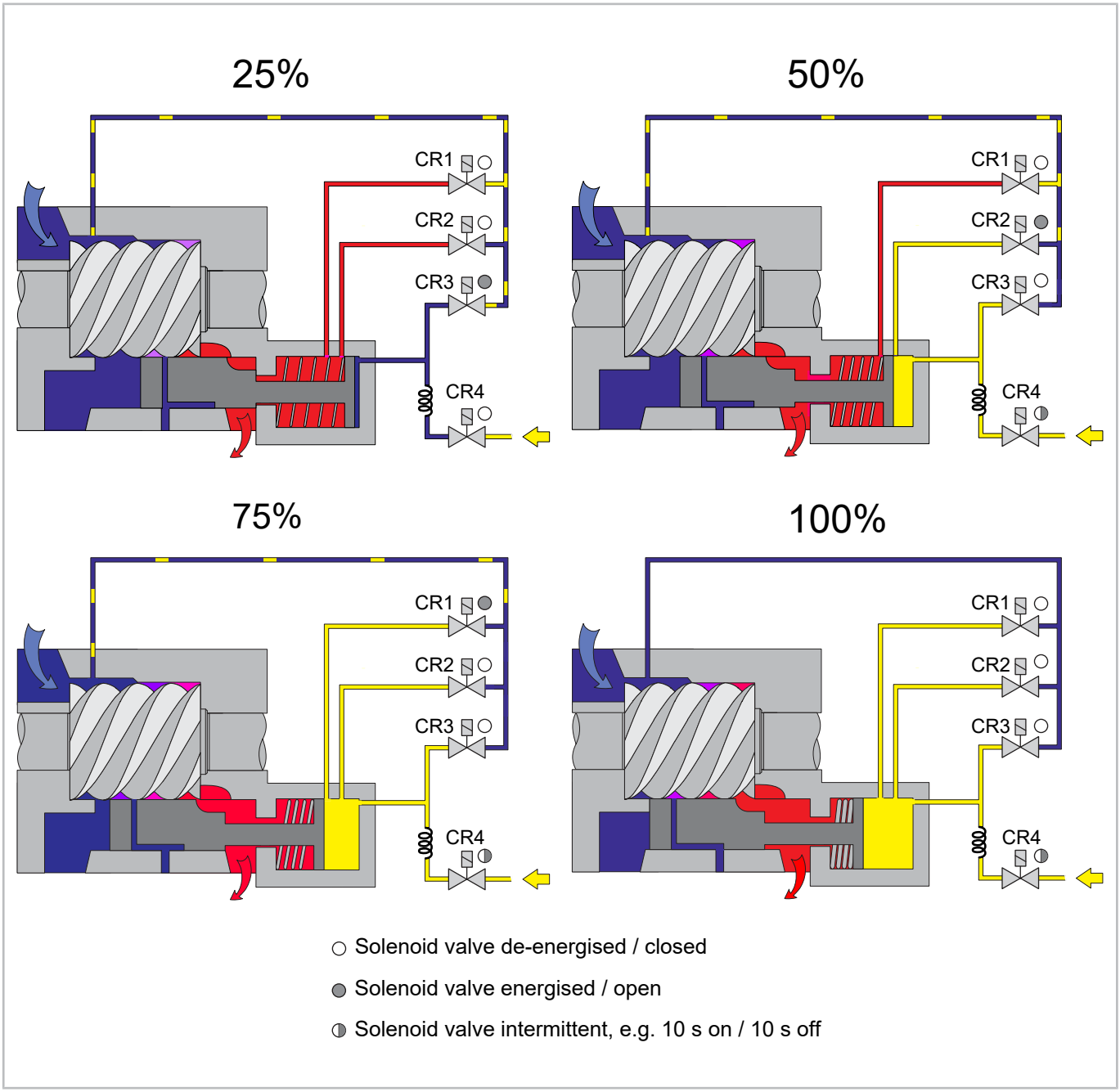

Fig. 9: Stepped capacity control with CR slider, 25 .. 100%.
The 25% step also applies to standstill and start.
Blue: suction gas
Red: discharge gas
Yellow: oil pressure
CR3 must be open during standstill. The slider is reset to start unloading by the spring force. Due to the economiser port in the slider, economiser operation is also possible at part load.

When and at what time intervals to switch between capacity steps must be carefully adapted to the inertia of the respective system. The cycle time of valve CR4 should be set to about 20 s before commissioning, i.e. 10 s pulse and 10 s pause. In general, individual adjustment is necessary according to the system. Especially in systems with a high pressure difference, shorter intervals may be necessary, so adjustable time relays should be used here.

It is often advisable to limit the minimum refrigerating capacity to approx. 50% here (see application limits in the *BITZER SOFTWARE*). The control is then carried out analogously with the valves CR4 (intermittent) as well as CR1 (75%) and CR2 (50%). With R717, 50% is always the minimum, 25% is only possible during start.

Stepless control

Stepless capacity control is recommended for systems with single compressors that require a high control accuracy. The solenoid valves CR3 and CR4 control between 100% and 25% (nominal values), the valves CR2 and CR4 between 100% and 50% (nominal values). By opening and closing the corresponding solenoid valve (CR3 and CR4 or CR2 and CR4) pulsatingly, the control piston is energised from the appropriate side in short time intervals. The slider is moved a little further with each impulse. The principle is shown in the following figure.

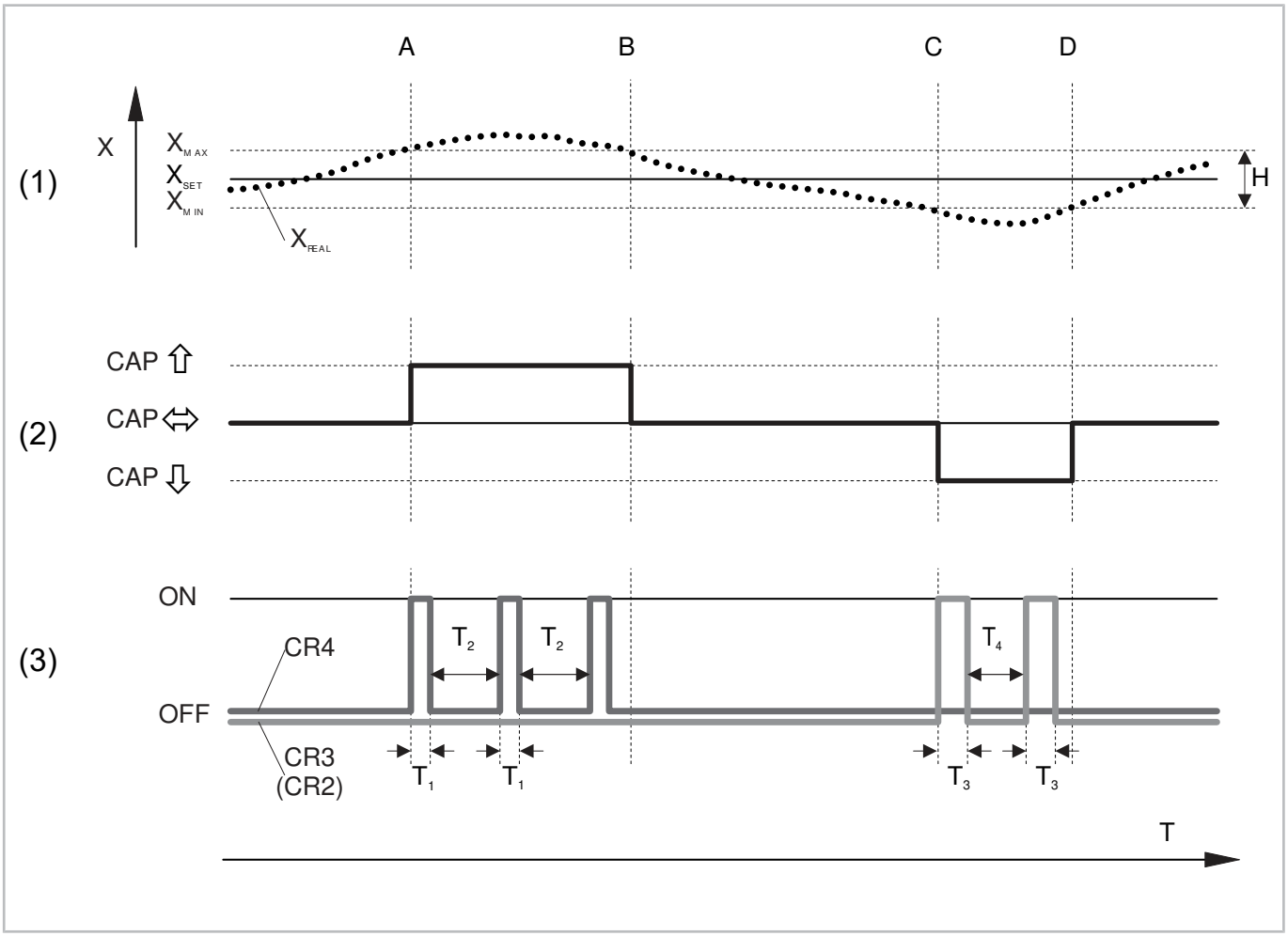

Fig. 10: Stepless capacity control
(1): controlled value
(2): control thermostat, signal output to timer
(3): CR solenoid valves (pulsating), controlled by timer
A .. D: operating conditions
X: controlled value (e.g. air / water temperature at evaporator or suction pressure)
X_{set}: set point
X_{max}: upper switching point
X_{min}: lower switching point
X_{real}: actual value
H: set control range
CAP: cooling demand (increased, unchanged, reduced)
ON: CR solenoid valve open
OFF: CR solenoid valve closed
T: time
T_1, T_3: pulse time (ca. 0,5 s .. max. 1s), solenoid valve opened
T_2, T_4: pause time, solenoid valve closed

- If the actual value of the controlled value X is within the set range H, the cooling demand of the system is **unchanged**. The slider does not have to be moved, no solenoid valves are energised.
- If the actual value exceeds the upper switching point, there is **increased cooling demand** (operating condition A in fig. above). Solenoid valve CR4 is opened in short intervals, until the actual value is within the set range again (operating condition B). The compressor operates with increased capacity.
- In the case of **reduced cooling demand**, the lower switching point is undercut (operating condition C). Now the solenoid valve CR3 opens for short intervals, until the lower switching point is exceeded again (operating condition D). The set range is then reached again, and the compressor operates with reduced capacity.

It is recommended to use a PID controller (proportional-integral-differential controller) – otherwise pay attention to the following:

- Travel times of the slider are short. The pulse times (T_1, T_3) should be in the range of 0.5 s, but never exceed 1 s.
- The pulse time between two pulses (T_2, T_4) must be carefully and individually adapted to the inertia of the respective system.
- In order to avoid short cycling, following pulses should occur depending on the deviation of the controlled value, taking into account the inertia of the system.

In the following cases, refrigerating capacity should be limited to min. 50%:

- For all **R717** systems (except at start).
- For **HSN85 and OSN85** because of the high pressure ratios: The compressor has to start at the 25% step (CR3 is energised during standstill).
- For operation of **HSK85, OSK85 and CS.65 .. 96** with high pressure ratios resp. high condensing temperature, e.g. regarding the thermal application limits (see *BITZER SOFTWARE*).
- For **systems with several compressors** in separated circuits or in parallel compounding.
  The capacity control 50 .. 100% in conjunction with switching individual compressors on and off enables a particularly economical operation mode here – without significant restrictions in application range.
  Parallel compounds of **HSK or OSK**: If only the lead compressor remains in operation, it can also be operated very effectively down to a nominal 25% residual capacity (with valves CR3 and CR4) – due to the usually lower condensing temperature in part load of such systems.

Control with solenoid valves

The arrangement of the solenoid valves on the discharge flange can be found in the dimensional drawing of the respective compressor, e.g. in the *BITZER SOFTWARE*. On many new compressors, the connections of the solenoid valves are also labelled on the housing with 25%, 50%, 75% and 100%. Which solenoid valves must be energised and de-energised for the desired capacity is shown in the respective operating instructions:

- *SB-110*: Operating instructions Semi-hermetic screw compressors HS.85 .. 95
- *SB-520*: Operating instructions Open drive screw compressors OS.85, OS.95, OS.105
- *SB-170*: Operating instructions Semi-hermetic compact screw compressors CS.65 .. 105

5 HS.95, OS.95 .. 105, CS.105

These compressors are equipped with an automatic stepless capacity control (slider control). The compressor module CM-SW controls the 4 solenoid valves. If required and depending on the application limits (see *BITZER SOFTWARE*), certain part load operating points can also be specifically targeted by the connected control electronics.

During operation, numerous operating data of the compressor can be tracked using the BEST SOFTWARE, for example the operating point in the application limits diagram. These data are recorded and allow the system operation to be diagnosed. Four coloured LEDs indicate the operating condition of the compressor module.

Double slider

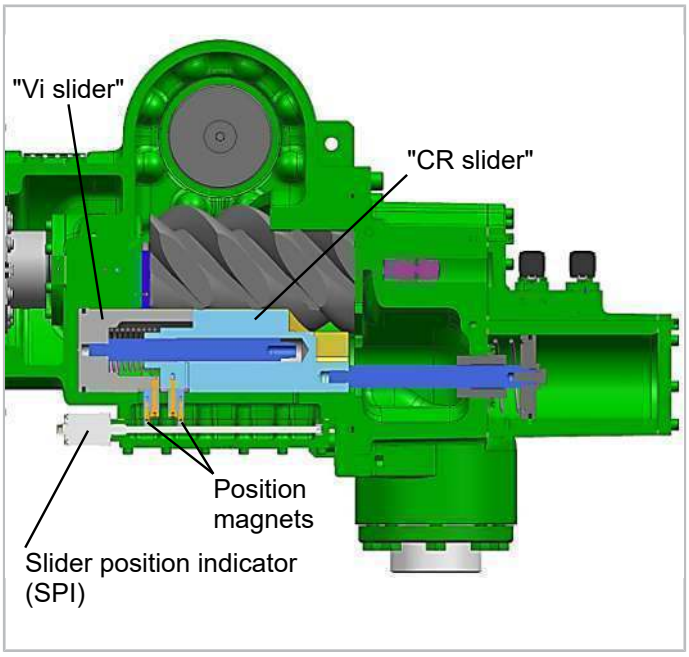

Fig. 11: Schematic view of the combined CR and V_i sliders for OS.95 .. 105, HS.95 and CS.105 compressors

A stepless control of nominally 25 .. 100% is possible.

NOTICE
The capacity steps given here are the nominal ones. The effective capacity steps depend on the operating conditions.

Start unloading

The compressor module positions the sliders at shut-off so that the compressor starts again unloaded. When operating with frequency inverter (see *ST-420*), the sliders are not unloaded completely. This allows the compressor to quickly reach operating conditions within the application limits, even at low speed.

Control with solenoid valves

The arrangement of the solenoid valves CR+, CR–, V_i+ and V_i– on the discharge flange can be found in the dimensional drawing of the respective compressor, e.g. in the *BITZER SOFTWARE*. For details on the automatic control by the CM-SW compressor module::

- *ST-150*: Compressor module CM-SW-01 for screw compressors

6 Overview capacity ranges

Compressor	Capacity range		Details see
	stepped control	stepless control	
HS.53 .. 74	depending on compressor e.g. 40 – 60 – 100%, 55 – 80 – 100%, 70 – 90 – 100%	–	• *SP-100*: Brochure Semi-hermetic screw compressors HS.53 .. HS.95
OS.53 OS.7441	75 – 100%	–	• *SP-500*: Brochure Open drive screw compressors OS.53 .. OS.105
OS.74 (except OS.7441)	50 – 75 – 100%	–	• *SP-500*: Brochure Open drive screw compressors OS.53 .. OS.105
HS.85	50 – 75 – 100% (for start unloading and HSK85 with small pressure ratios also 25%)	50 .. 100%	• *SP-100*: Brochure Semi-hermetic screw compressors HS.53 .. HS.95
OS.85	50 – 75 – 100% (for start unloading and OSK85 with small pressure ratios also 25%)	50 .. 100%	• *SP-500*: Brochure Open drive screw compressors OS.53 .. OS.105
CS.65 .. 96	25 – 50 – 75 – 100%	25 .. 100%	• *SP-170*: Brochure Semi-hermetic compact screw compressors CSH, CSW, CSVH, CSVW
HS.95 OS.95 .. 105 CS.105	–	25 .. 100% (for OS.A95 .. 105: 10 .. 100% depending on operating conditions)	• *ST-150*: Compressor module CM-SW-01 for screw compressors

Tab. 2: Capacity ranges of BITZER screw compressor with stepped and stepless capacity control

NOTICE
The capacity steps given here are the nominal ones. The effective capacity steps depend on the operating conditions.

7 ECO operation at part load

Depending on the kind of capacity control and ECO connection, ECO operation is also possible at part load. The following table provides an overview.

Compressor	Kind of mechanical capacity control	ECO connection	ECO feasible with mechanically controlled part load ?	ECO feasible with speed-controlled part load (FI)?
HS.53 .. 74	stepped CR by control pistons	fixed in the housing	yes, at capacity step 75%	yes
HS.85	dual (stepless or stepped) CR by CR slider	integrated in CR slider	yes	yes
HS.95	stepless CR by double slider (CR+V_i)	fixed in the housing	yes, at capacity ≥80% and after consulting BITZER	yes
OS.53 .. 74 OS.A53 .. 74	stepped CR by control pistons	fixed in the housing	yes, at capacity step 75%	yes
OS.85 OS.A85	dual (stepless or stepped) CR by CR slider	integrated in CR slider	yes	yes
OS.A95 .. 105	stepless CR by double slider (CR+V_i)	fixed in the housing	yes, at capacity ≥80% and after consulting BITZER (see below!)	yes (see below!)
CSH65 .. 95	dual (stepless or stepped) CR by CR slider	integrated in CR slider	yes	yes
CSH76 .. 96	dual (stepless or stepped) CR by CR slider	fixed in the housing	no	yes
CSW65 .. 95	dual (stepless or stepped) CR by CR slider	fixed in the housing	no	yes
CSW105	stepless CR by double slider (CR+V_i)	fixed in the housing	yes, at capacity ≥80% and after consulting BITZER	yes
CSV	--	fixed in the housing	-- (only FI operation)	yes
VSK	stepped CR by control pistons	--	--	yes

Tab. 3: Overview ECO operation at part load. ECO can always be used with speed-controlled part load (e.g. by frequency inverter), because the mechanical capacity control usually remains at 100% in this case (see Technical Information *ST-420*).

CR: capacity regulator

FI: frequency inverter

V_i: internal volume ratio (volume suction side / volume discharge gas side)

OS.A95 and OS.A105: Pulsation muffler during economiser operation

For OS.A95 and OS.A105 compressors in ECO operation, a pulsation muffler in the economiser line is recommended resp. necessary. Two options are available:

- a muffler system, consisting of muffler, check valve, control valve (one unit is required for OS.A95, two units are required for OS.A105)

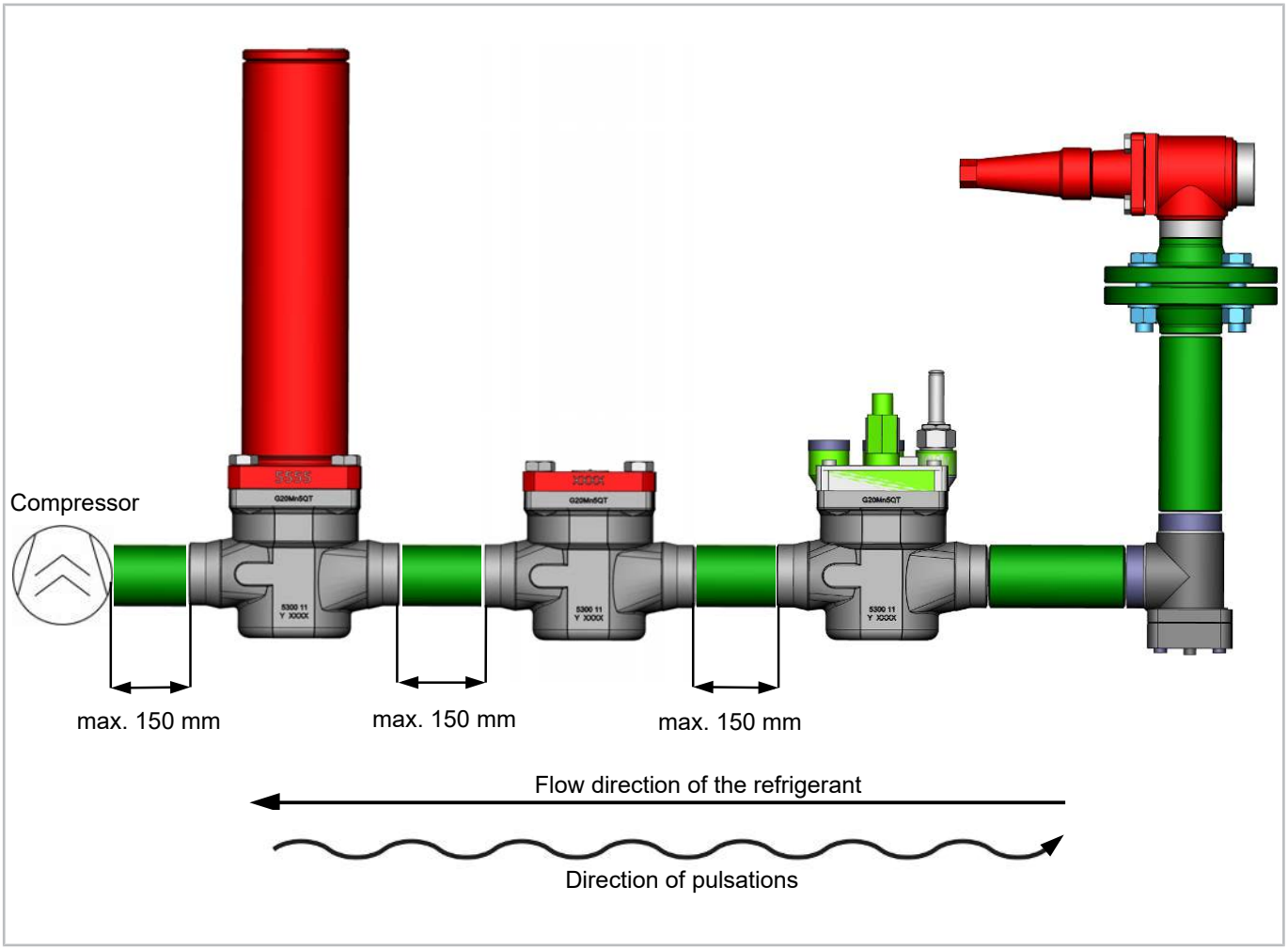

Fig. 12: Muffler system, consisting of muffler, check valve, control valve

- a basic pulsation muffler designated SD42 (part no. EPARTS: 354 004 05)

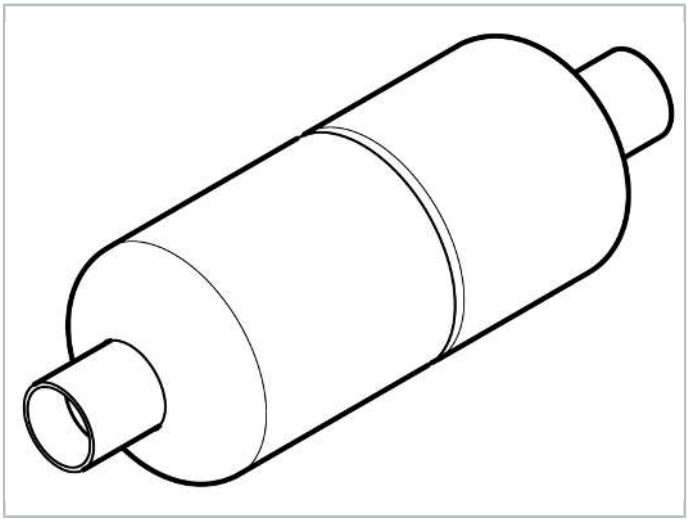

Fig. 13: Basic pulsation muffler SD42 in the ECO connection, part no. 354 004 05

For operation at condensing temperatures > 40°C and/or evaporation temperatures > 10°C, the muffler system is mandatory. In the remaining range, BITZER recommends the pulsation muffler SD42. For details see the following figure and table.

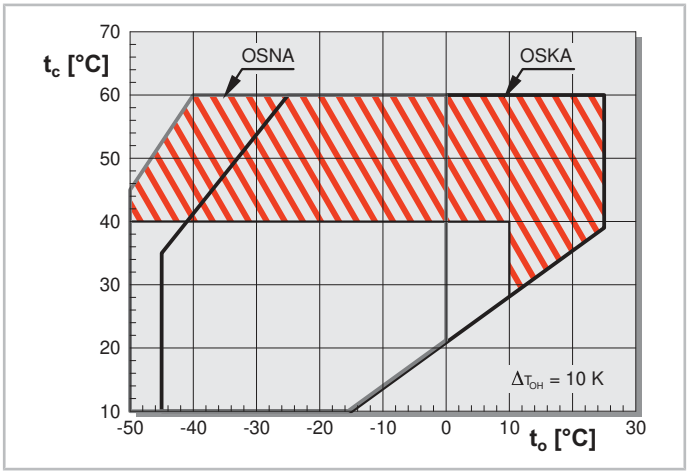

Fig. 14: Application limit of OS.A95 and OS.A105 screw compressors during ECO operation, In the shaded area. the ECO muffler system is mandatory.

Planned operating range	Pulsation muffler	Possible scope of capacity regulation
Operation in the shaded area of the application limit (t_c > 40°C and/or t_o > 10°C)	Economiser muffler system is mandatory	• Slider 80% .. 100% and fixed frequency 50/60 Hz • or slider 100% and variable frequency 25 .. 67 Hz
Operation outside the shaded area of the application limit (t_c < 40°C and t_o < 10°C)	Optional: economiser muffler system	• Slider 80% .. 100% and fixed frequency 50/60 Hz • or slider 100% and variable frequency 25 .. 67 Hz
	Optional: basic pulsation muffler SD42 in ECO connection	• Slider 80% .. 100% and fixed frequency 50/60 Hz

Tab. 4: OS.A95 and OS.A105 compressors during ECO operation: recommended pulsation mufflers and combination with capacity regulation

See also:

- *ST-420*: BITZER screw compressors with external frequency inverters
- *ST-610*: Economiser operation of screw compressors

Содержание

1 Введение 40

2 Безопасность 41

3 HS.53 .. 74, OS.53 .. 74 43

4 HS.85, OS.85, CS.65 .. 96 47

5 HS.95, OS.95 .. 105, CS.105 53

6 Обзор диапазонов производительности 54

7 Работа с ECO при частичной производительности 54

1 Введение

Для регулирования производительности компрессоров используются следующие основные методы:

- регулирование включением-выключением, при необходимости с тандем компрессорами или с несколькими компрессорами в соединении
- интегрированное механическое регулирование производительности
- изменение скорости, например с преобразователем частоты

В этом документе поясняется интегрированное механическое регулирование производительности Оно доступно для всех винтовых компрессоров BITZER и реализуется по-разному в зависимости от серии. Ступень с наименьшей производительностью обычно также выполняет функцию разгрузки при пуске; при необходимости следует учитывать определенную задержку времени перед последующим пуском компрессора.

По регулированию производительности компрессоров BITZER в целом, см. *A-600*.
Принципиальные эл. схемы для различных вариантов регулирования см.

- *AT-300*: Принципиальные электрические схемы для оборудования BITZER

В винтовых компрессорах BITZER встречаются следующие варианты механического регулирования производительности:

	Описание	V_i (геометрическая степень сжатия)	ECO порт	в компрессорах
ступенчатое регулирование производительности с помощью регулирующих поршней	2-а регулирующих поршня смещают замкнутый контур со стороны всасывания в 2-е ступени (75 и 50%), низкие потери давления	V_i изменяется с шагом производительности, потому что объем всасываемого газа уменьшается, а объем нагнетаемого газа - нет.	фиксированный ECO порт рядом с портом нагнетаемого газа	HS.53 .. 74 OS.53 .. 74
двойное регулирование производительности с помощью CR золотника	бесступенчатое или 3-х или 4-х ступенчатое золотниковое регулирование с V_i компенсацией, отсутствие потерь давления	V_i зависит от производительности, поскольку объем всасываемого газа и порт нагнетания / внутренний порт нагнетания изменяются. При CR >75%, V_i чаще постоянна, при CR <75% - снижена.	В серии HS.85, OS.85 и CSH.5, интегрирован в золотник. В серии CSH.6 и CSW фиксирован в корпусе.	HS.85 OS.85 CS.65 .. 96
бесступенчатое регулирование производительности с помощью двойного золотника	объединенные CR и V_i золотники, контролируемые CM-SW модулем	V_i автоматически подстраивается: При полной нагрузке золотники CR и V_i двигаются вместе, окно нагнетания меняется. При частичной производительности золотники перемещаются независимо, V_i диапазон регулирования снижен.	фиксирован в корпусе	HS.95 OS.95 .. 105 CS.105

Табл. 1: Обзор методов регулирования производительности винтовых компрессоров BITZER

CR: регулятор производительности

V_i: геометрическая степень сжатия (объем на стороне всасывания / объем на стороне нагнетания)

Для комбинированного регулирования производительности с работой ECO: *Работа с ECO при частичной производительности*.

Также соблюдайте следующую техническую документацию

- *SB-100*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные винтовые компрессоры HS.53 .. 74
- *SB-110*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные винтовые компрессоры HS.85 .. 95
- *SB-170*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные компактные винтовые компрессоры CS.65 .. 105
- *SB-500*: Инструкция по эксплуатации Открытые винтовые компрессоры OS.53 .. 74
- *SB-520*: Инструкция по эксплуатации Открытые винтовые компрессоры OS.85, OS.95, OS.105
- *ST-420*: Эксплуатация винтовых компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты
- *ST-610*: Работа экономайзера с винтовыми компрессорами

2 Безопасность

Специалисты, допускаемые к работе

Все работы, выполняемые с продуктами и системами, в которых они установлены или будут установлены, могут выполняться только квалифицированным и уполномоченным персоналом, прошедшим обучение и инструктаж по всем видам работ. Квалификация и компетентность квалифицированного персонала должны соответствовать местным нормам и правилам.

Остаточная опасность

Продукты, электронные аксессуары и другие компоненты системы могут представлять неизбежный остаточный риск. Поэтому любой человек, работающий над ним, должен внимательно прочитать этот документ! Обязательно для соблюдения :

- соответствующие правила и стандарты безопасности
- общепринятые правила безопасности
- EU директивы
- национальные правила и стандарты безопасности

Пример применимых стандартов: стандарты: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL standards.

Средства индивидуальной защиты

При работе с системами и их компонентами: Носите защитную рабочую обувь, защитную одежду и защитные очки. Кроме того, надевайте перчатки для защиты от обморожений при работе с открытым контуром охлаждения и с компонентами, которые могут содержать хладагент.

Рис. 1: Используйте средства индивидуальной защиты!

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности - это инструкции, предназначенные для предотвращения опасностей. Они должны строго соблюдаться!

УВЕДОМЛЕНИЕ
Указания по предотвращению ситуаций, которые могут привести к возможному повреждению оборудования.

ВНИМАНИЕ
Указания по предотвращению потенциально опасных ситуаций, которые могут привести к возможным легким травмам персонала.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Указания по предотвращению потенциально опасных ситуаций, которые могут привести к возможным серьезным травмам персонала или смерти.

ОПАСНОСТЬ
Указания по предотвращению опасных ситуаций, приводящих к серьёзным травмам персонала или смерти.

Помимо указаний по технике безопасности, перечисленных в этом документе, необходимо соблюдать указания и остаточные риски в соответствующих инструкциях по эксплуатации!

3 HS.53 .. 74, OS.53 .. 74

Производительность этих компрессоров регулируется в несколько ступеней с помощью регулирующих поршней с гидравлическим приводом. Они входят непосредственно в область парных полостей и снижают производительность. Регулирующие поршни точно адаптированы к контуру корпуса ротора; в режиме полной нагрузки они находятся в абсолютном контакте - с торцевым фланцем (аксиальные поршни) или профильным пространством (радиальный поршень). Это делает корпус особенно устойчивым, а зазоры между роторами и корпусом остаются в узких пределах даже при высоких температурах и давлениях.

Регулирующие поршни

В режиме частичной нагрузки поршни перемещаются один за другим в заднее положение, освобождая каналы большого сечения между парными полостями и стороной всасывания. Всасываемый газ подается непосредственно в парные полости со сниженным всасываем объемом. Это уменьшает объем активных парных полостей, соответственно активную длину ротора и, следовательно, рабочий объем и соответственно производительность. Регулирование рассчитано на две ступени, поэтому производительность компрессора можно очень точно адаптировать к состоянию нагрузки системы путем периодического переключения 1 или 2 соленойдных клапанов.

Благодаря прямому гидравлическому приводу регулирующих поршней не требуется никаких дополнительных компонентов для защиты от гидравличекого удара и или для разгрузки при пуске. Поршни открываются всякий раз, когда давление в камере сжатия превышает их рабочее давление - обычно это давление масла или конденсации. Это обеспечивает автоматическую разгрузку при пуске, а также защиту от пересжатия.

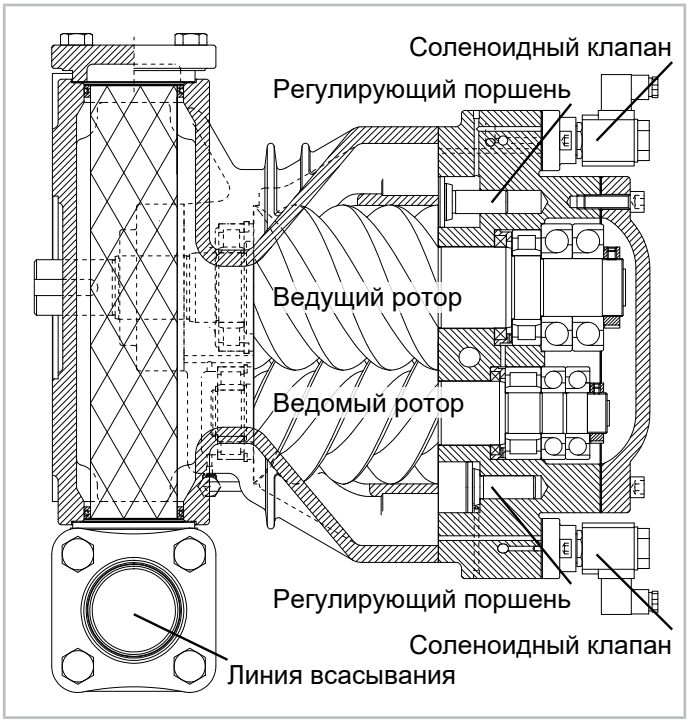

Рис. 2: Вид сверху на компрессор OSN74 с 2-мя регулирующими поршнями и соответствующими соленойдными клапанами

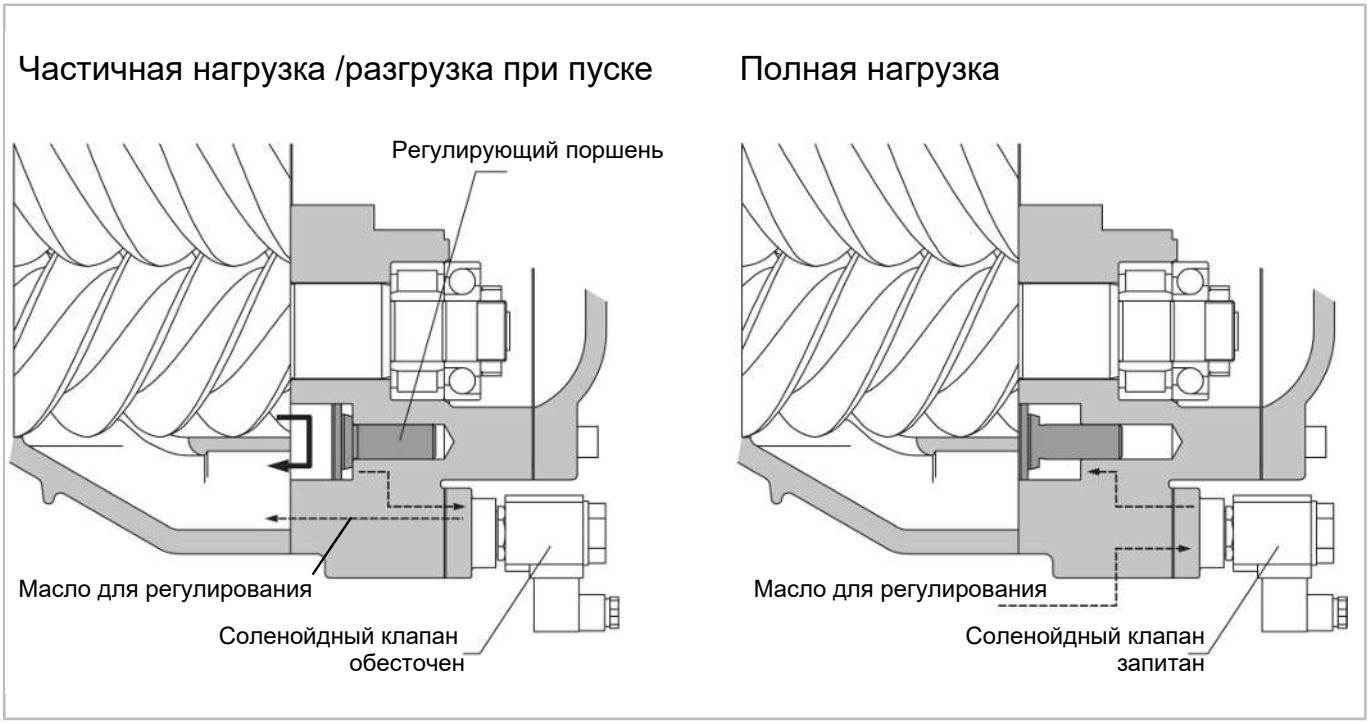

Рис. 3: Конструкция регулятора производительности или разгрузки при пуске компрессоров OS.74. На рисунке показан один из двух регулирующих поршней и соответствующий соленойдный клапан. Для компрессоров OS.53 и OS.7441 принцип работы аналогичен, но перепускной канал на сторону всасывания расположен на периферии ведущего ротора.

Соленойдный клапан обесточен = порт открыт = производительность снижена.
Соленойдный клапан запитан = порт закрыт = производительность увеличена.

Ступенчатое регулирование производительности

На следующем рисунке показано регулирование производительности с развернутым видом наружных поверхностей роторов.

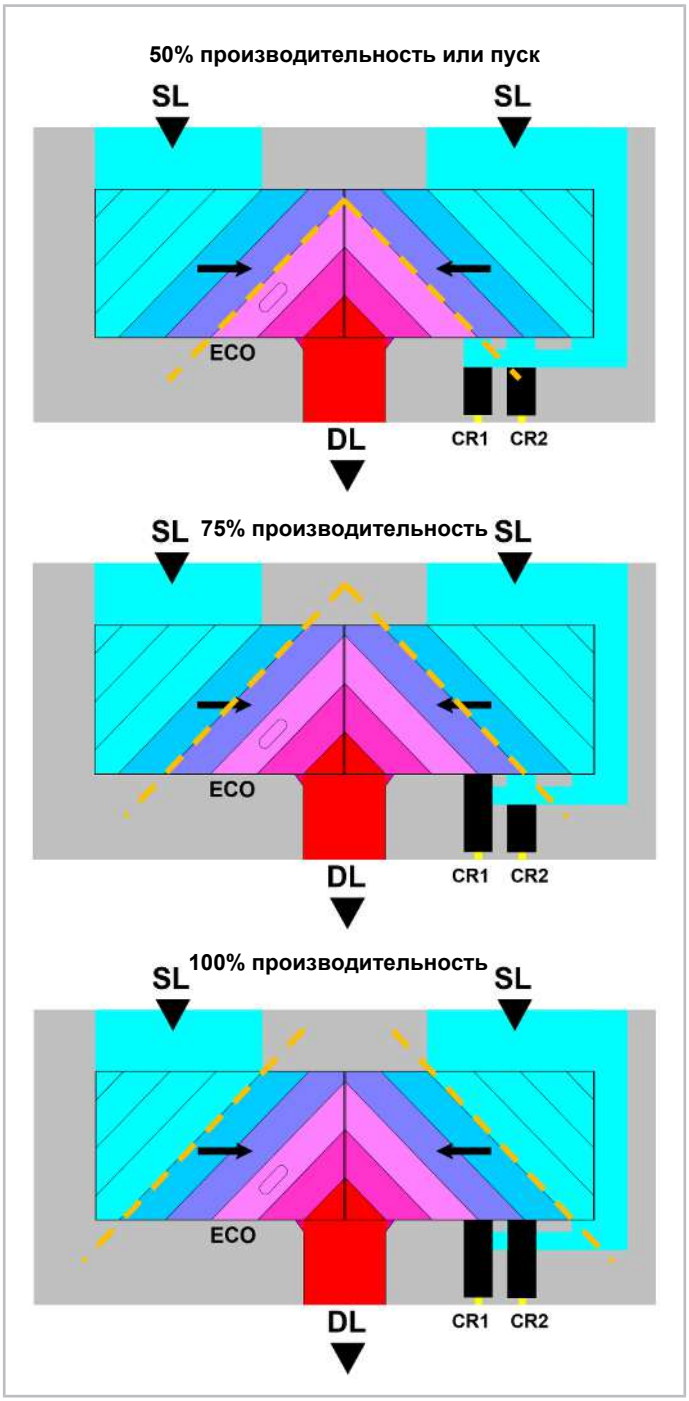

Рис. 4: Ступенчатое регулирование производительности для компрессора OS.A53 или OS.A74 с 2-мя регулирующими поршнями (CR1, CR2) и фиксированным портом экономайзера, развернутый вид.
SL: линия всасываемого газа
DL: линия нагнетаемого газа
пунктирная линия: конец процесса всасывания
ECO можно использовать только при ≥75%.
OS.A53: CR1 является опцией.
OS.A74: CR1 и CR2 идут в стандарте.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Приведенные здесь ступени производительности являются номинальными. Ступени эффективной производительности зависят от условий эксплуатации.

В реальной эксплуатации также должны соблюдаться соответствующие области применения (см. *BITZER SOFTWARE*).

Разгрузка при пуске

На остановленном компрессоре регулирующие поршни открываются автоматически, таким образом компрессор запускается без нагрузки.

Регулирование соленойдными клапанами

Расположение соленойдных клапанов на фланце нагнетания можно найти на габаритном чертеже соответствующего компрессора, например в *BITZER SOFTWARE*. Какие соленойдные клапаны должны быть под напряжением и обесточены для желаемой ступени производительности, показано в соответствующих инструкциях по эксплуатации:

- *SB-100*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные винтовые компрессоры HS.53 .. 74
- *SB-500*: Инструкция по эксплуатации Открытые винтовые компрессоры OS.53 .. 74

УВЕДОМЛЕНИЕ
Переключайте соленойдные клапаны CR1 и CR2 в правильном порядке и с задержкой минимум 5 сек. Работа с экономайзером возможна только при ≥75%.

4 HS.85, OS.85, CS.65 .. 96

Эти компрессоры в стандартной комплектации оснащены «двойным регулятором производительности» с золотником. Это означает, что без модификации компрессора возможно как бесступенчатое, так и 3- или 4-ступенчатое регулирование. Различные режимы работы достигаются за счет соответствующего задействования 4-х соленойдных клапанов. Автоматическая разгрузка при пуске, обеспечиваемая золотником, значительно снижает пусковой момент и время разгона – это защищает механику и мотор и снижает нагрузку на источник эл. питания.

CR золотник

CR золотник располагается параллельно осям ротора между ведущим и ведомым роторами и точно повторяет контур корпуса. Специальная геометрия золотника позволяет изменять геометрическую степень сжатия V_i по мере необходимости и обеспечивает высокую эффективность даже при частичной нагрузке (в зависимости от применения). Частично интегрированный порт ECO обеспечивает эффективную работу ECO во всем диапазоне регулирования.

Рис. 5: Схематичный 3D вид CR золотника между ведущим и ведомым ротором

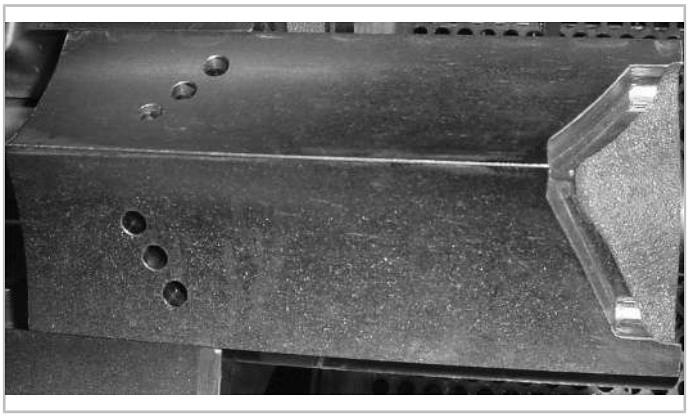

Рис. 6: CR золотник для CSH85 с портом ECO. У компрессоров CSW и CSH.6 в золотнике отсутствует ECO порт; вместо этого он встроен непосредственно в корпус.

На следующем рисунке показано регулирование производительности с развернутым видом наружных поверхностей роторов.

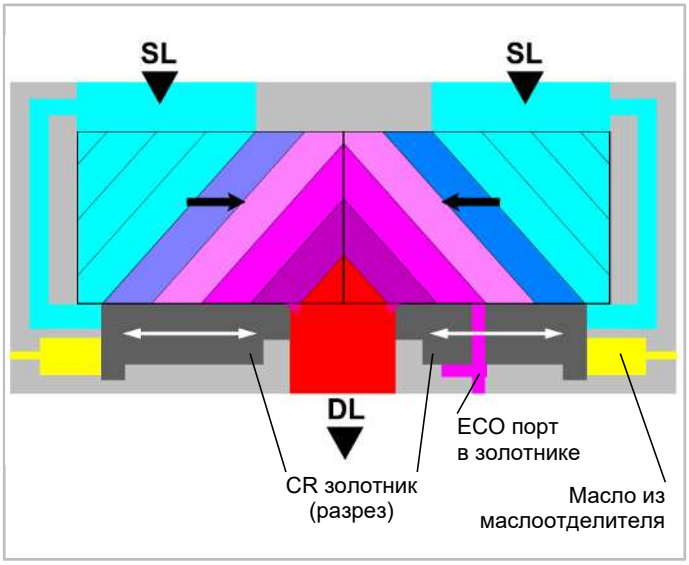

Рис. 7: Двойное (бесступенчатое или ступенчатое) регулирование производительности с помощью CR золотника, развернутый вид.
SL: линия всасываемого газа
DL: линия нагнетаемого газа

Гидравлическая схема

Регулирование производительности осуществляется с помощью соленойдных клапанов CR 1 .. 4 прифланцованных к компрессору.

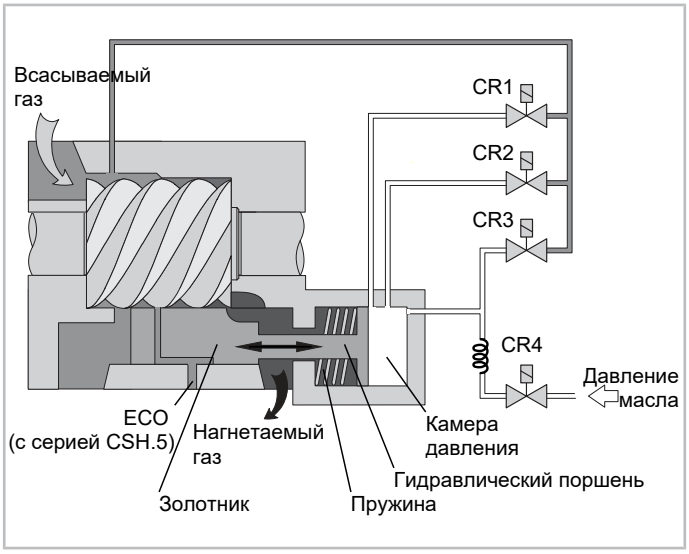

Рис. 8: Гидравлическая схема для двойного регулирования производительности с CR золотником и соленойдными клапанами CR1 .. 4.
(У компрессоров CSW и CSH.6 порт ECO встроен непосредственно в корпус.)

Гидравлический поршень перемещает CR золотник и, таким образом, изменяет объем всасываемого газа:

- При полной нагрузке золотник находится в крайнем левом положении (сторона всасывания). При вращении роторов все парные полости заполняются всасываемым газом (производительность 100%).
- В зависимости от управления клапанами CR1, CR2 или CR3 гидравлический поршень перемещается к соответствующему отверстию. Нагнетаемый газ и пружина сдвигают золотник в право, в сторону высокого давления. Чем дальше он сдвигается, тем меньше доступный объем парной полости или активная

длина ротора – перемещается меньше хладагента, снижается массовый расход и холодопроизводительность.

- Если клапан CR4 открыт, давление в камере давления возрастает. Золотник сдвигается в сторону всасывания, холодопроизводительность увеличивается.
- При ступенчатом регулировании, CR4 периодически открывается (например, 10 сек.). При бесступенчатом регулировании, CR2, CR3 или CR4 открываются пульсируя (например, 0,5 сек.).

Разгрузка при пуске

На остановленном компрессоре и во время пуска соленойдный клапан CR3 открыт, давление в гидроцилиндре полностью сбрасывается. Пружина толкает золотник до упора в сторону высокого давления (при необходимости соблюдайте задержуку времени согласно инструкции по эксплуатации). При включении компрессор запускается без нагрузки. При необходимости активируется клапан CR4 и золотник перемещается в сторону всасывания. При активации клапанов CR1, CR2 или CR3 холодопроизводительность увеличивается до заданного уровня.

3-х или 4-х ступенчатое регулирование производительности

Ступенчатое регулирование производительности особенно подходит для систем с большой инерцией, т.е. для непрямого охлаждения, например, чиллеры. При параллельной работе нескольких компрессоров (многокомпрессорные системы), изменение производительности на ступень очень мало по отношению к общей производительности, соответственно возможно практически бесступенчатое регулирование. Здесь важна сравнительно простая логика управления.

4-ступенчатое регулирование позволяет иметь номинальные ступени 25%, 50%, 75% и 100%. Ступень 25% в первую очередь выполняет функцию разгрузки при пуске.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Приведенные здесь ступени производительности являются номинальными. Ступени эффективной производительности зависят от условий эксплуатации.

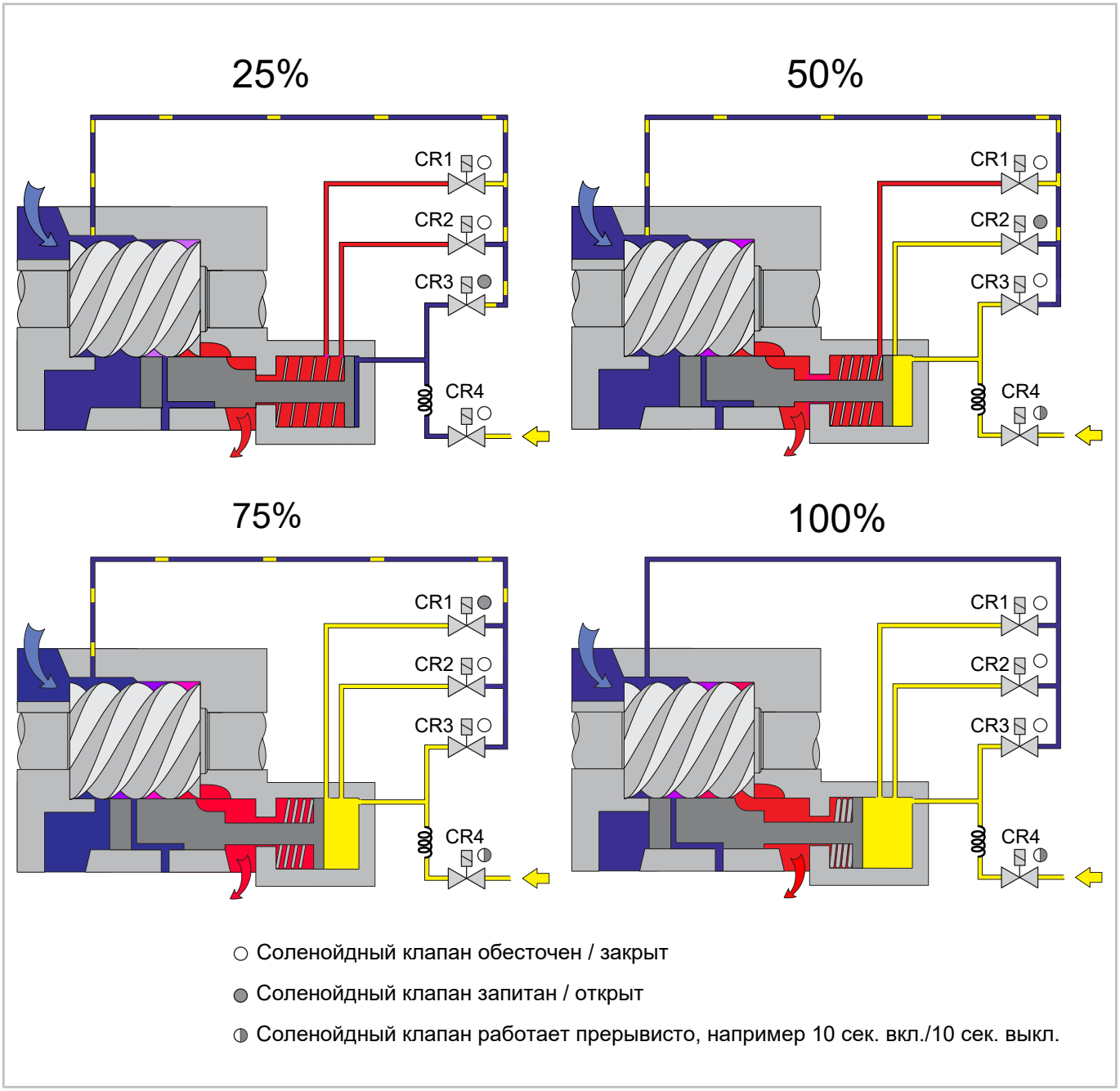

Рис. 9: Ступенчатое регулирование производительности с золотником CR, 25 .. 100%.
Ступень 25% также применяется при стоянке и при пуске.
Синий: всасываемый газ
Красный: нагнетаемый газ
Желтый: давление масла
CR3 должен запитываться во время простоя. Золотник перемещается в положение разгрузки при пуске за счет силы пружины. Благодаря порту экономайзера встроенного в золотник возможна работа экономайзера также при частичной нагрузке.

Временные интервалы переключения между ступенями производительности, необходимо тщательно адаптировать к инерции соответствующей системы. Время цикла клапана CR4 перед вводом в эксплуатацию должно быть настроено примерно на 20 сек., т. е. 10-секундный импульс и 10-секундная пауза. Как правило, необходима индивидуальная настройка в соответствии с системой. Особенно в системах с большим перепадом давления могут потребоваться меньшие интервалы, поэтому следует использовать настраиваемые реле времени.

В этих случаях часто рекомендуется ограничить минимальную холодопроизводительность прибл. 50% (см. области применения в *BITZER SOFTWARE*). Далее осуществляется регулирование по аналогии с клапаном CR4 (прерывистого действия), а также CR1 (75%) и CR2 (50%). Для R717, 50% всегда минимум, ступень 25% возможна только во время пуска.

Бесступенчатое регулирование

Бесступенчатое регулирование производительности рекомендуется для однокомпрессрных систем, требующих высокой точности регулирования. Соленойдные клапаны CR3 и CR4 регулируют от 25 % до 100 % (номиналые значения), клапаны CR2 и CR4 — от 50 % до 100 % (номиналые значения). При открытии и закрытии соответствующего соленойдного клапана (CR3 и CR4 или CR2 и CR4) пульсирующим образом, регулирующий поршень получает усилие с соответствующей стороны через короткие промежутки времени. Золотник перемещается немного дальше с каждым импульсом. Принцип действия показан на следующем рисунке.

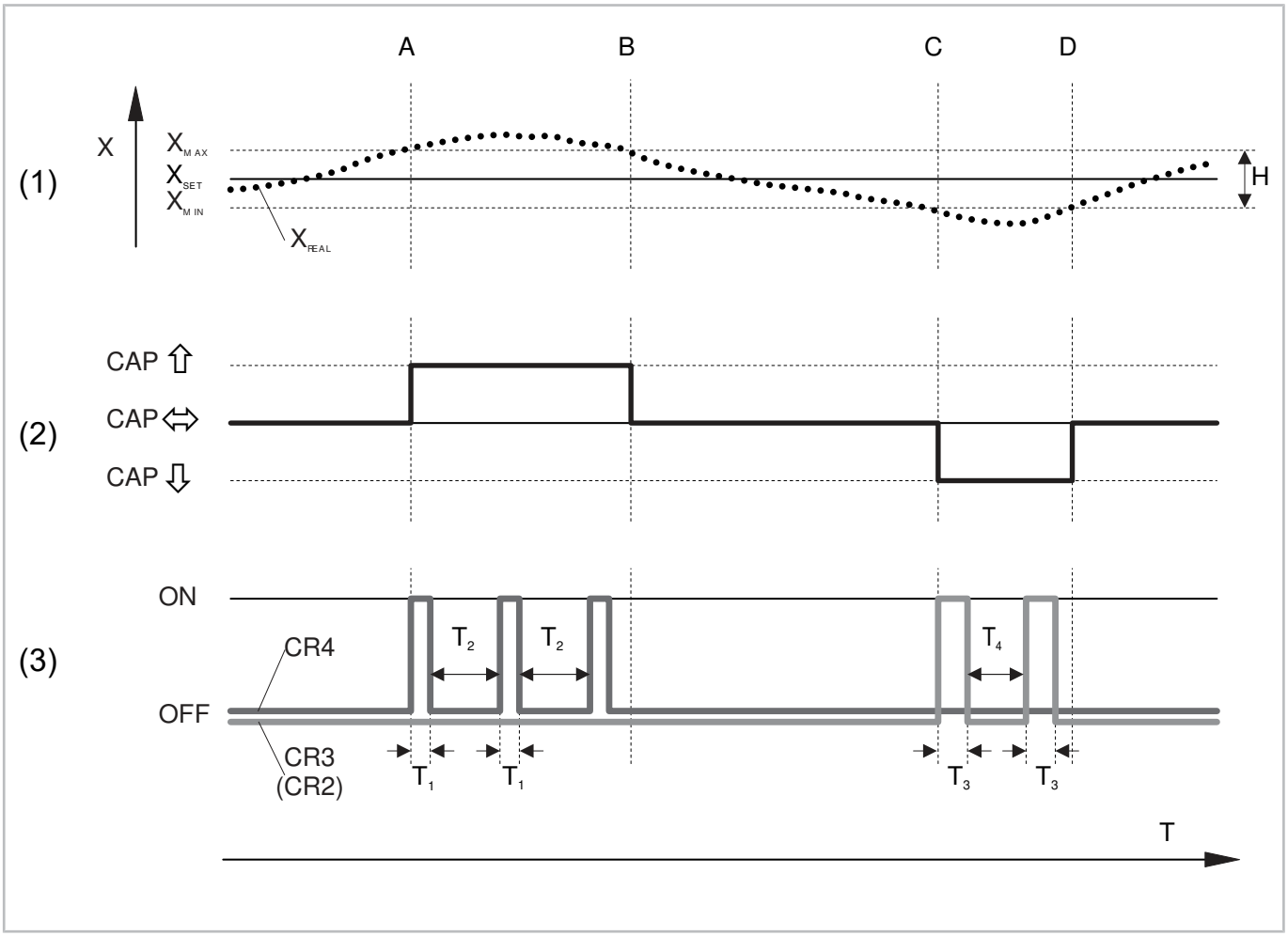

Рис. 10: Бесступенчатое регулирование производительности

(1): отслеживаемый параметр

(2): управляющий термостат, выход сигнала на реле времени

(3): CR соленойдные клапаны (пульсирующие), управляемые посредством реле времени

A .. D: условия эксплуатации

X: отслеживаемый параметр (например, температура воздуха/воды в испарителе или давление всасывания)

X_{set}: заданное значение

X_{max}: верхняя точка переключения

X_{min}: нижняя точка переключения

X_{real}: фактическое значение

H: заданный диапазон регулирования

CAP: потребность в охлаждении (возросла, не изменилась, снижена)
ON: CR соленойдный клапан открыт
OFF: CR соленойдный клапан закрыт
T: время
T_1, T_3: время импульса (ок. 0,5 сек. .. макс. 1сек.), соленойдный клапан открыт
T_2, T_4: время паузы, соленойдный клапан закрыт

- Если фактическое значение отслеживаемого параметра X находится в пределах заданного диапазона H, потребность системы в охлаждении **не изменяется**. Золотник не нужно перемещать, никакие соленойдные клапаны не запитаны.
- Если фактическое значение превышает верхнюю точку переключения, возникает **повышенная потребность в охлаждении** (рабочее состояние A на рис. выше). Соленойдный клапан CR4 открывается с короткими интервалами, пока фактическое значение снова не окажется в пределах заданного диапазона (рабочее состояние B). Компрессор работает с увеличенной производительностью.
- В случае **пониженной потребности в охлаждении**, значение опустится ниже точки переключения (рабочее состояние C). Теперь соленойдный клапан CR3 открывается на короткие промежутки времени, пока снова не будет превышена нижняя точка переключения (рабочее состояние D). Затем снова достигается заданный диапазон, и компрессор работает с пониженной производительностью.

Рекомендуется использовать ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор) – в противном случае обратите внимание на следующее:

- Малое время движения золотника. Время импульса (T_1, T_3) должно быть в диапазоне 0,5 сек., но никогда не должно превышать 1 сек.
- Время импульса между двумя импульсами (T_2, T_4) должно быть тщательно и индивидуально адаптировано к инерции соответствующей системы.
- Во избежание коротких циклов должны происходить следующие импульсы в зависимости от отклонения отслеживаемого параметра с учетом инерции системы.

В следующих случаях холодопроизводительность должна быть ограничена до минимум 50%:

- Для всех **R717** систем (кроме пуска).
- Для **HSN85 и OSN85** из-за высокого отношения давлений: Компрессор должен запускаться на 25 % ступени (CR3 запитывается во время простоя).
- Для работы **HSK85, OSK85 и CS.65 .. 96** с высоким отношением давлений соотв. высокой температуре конденсации, т.е. относительно пределов теплового применения (см. *BITZER SOFTWARE*).
- Для **систем с несколькими компрессорами** в отдельных контурах или в параллельном соединении. Регулирование производительности 50 .. 100% в сочетании с пуском и остановом отдельных компрессоров обеспечивает особенно экономичный режим работы — без существенных ограничений в области применения.
  Параллельные соединения **HSK или OSK**: Если в работе остается только ведущий компрессор, то он также может очень эффективно работать при номинальной производительности 25% (с клапанами CR3 и CR4) – из-за обычно более низкой температуры конденсации при частичной нагрузке в таких системах.

Регулирование соленойдными клапанами

Расположение соленойдных клапанов на фланце нагнетания можно найти на габаритном чертеже соответствующего компрессора, например в *BITZER SOFTWARE*. На многих новых компрессорах присоединения для соленойдных клапанов также помечены на корпусе как 25%, 50%, 75% и 100%. Какие соленойдные клапаны должны быть под напряжением и какие обесточены для требуемой производительности, показано в соответствующих инструкциях по эксплуатации:

- *SB-110*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные винтовые компрессоры HS.85 .. 95
- *SB-520*: Инструкция по эксплуатации Открытые винтовые компрессоры OS.85, OS.95, OS.105
- *SB-170*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные компактные винтовые компрессоры CS.65 .. 105

5 HS.95, OS.95 .. 105, CS.105

Эти компрессоры оснащены автоматическим бесступенчатым регулрегулятором производительности (золотниковое регулирование). Модуль компрессора CM-SW управляет 4-мя соленойдными клапанами. При необходимости и в зависимости от области применения (см. *BITZER SOFTWARE*), определенные рабочие точки с частичной нагрузкой также могут специально настраиваться посредством подключенной управляющей электроники.

Посредством BEST SOFTWARE в процессе работы могут отслеживаться многочисленные рабочие параметры компрессора, например, рабочая точка в области применения. Эти данные сохраняются и позволяют проводить диагностику работы системы. На рабочее состояние модуля управления компрессором указывают четыре цветных светодиода (LED).

Двойной золотник

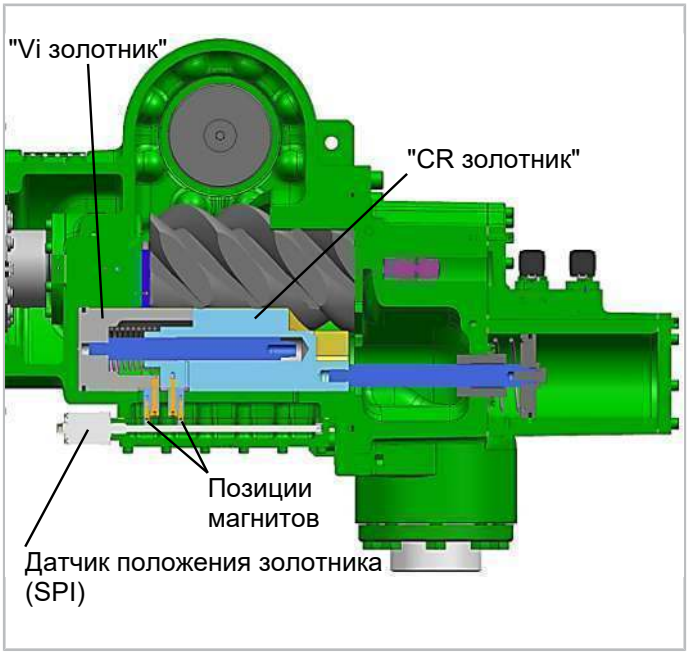

Рис. 11: Схематичный вид объединения CR и V_i золотников для компрессоров OS.95 .. 105, HS.95 и CS.105

Возможно бесступенчатое регулирование в номинальном диапазоне 25 .. 100%.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Приведенные здесь ступени производительности являются номинальными. Ступени эффективной производительности зависят от условий эксплуатации.

Разгрузка при пуске

Модуль компрессора устанавливает золотники в положение отключения, чтобы компрессор снова запустился без нагрузки. При работе с преобразователем частоты (см. *ST-420*), золотники разгружаются не полностью. Это позволяет компрессору быстро достигать рабочих условий в области применения, даже при низкой скорости.

Регулирование соленойдными клапанами

Расположение соленойдных клапанов CR+, CR–, V_i+ и V_i– на фланце нагнетания можно найти на габаритном чертеже соответствующего компрессора, напр. в *BITZER SOFTWARE*. Подробнее об автоматическом регулировании посредством компрессорного модуля CM-SW, см.

- *ST-150*: Модуль компрессора для винтовых компрессоров CM-SW-01

6 Обзор диапазонов производительности

Компрессор	Диапазоны производительности		Подробности см.
	ступенчатое регулирование	бесступенчатое регулирование	
HS.53 .. 74	в зависимости от компрессора напр. 40 – 60 – 100%, 55 – 80 – 100%, 70 – 90 – 100%	–	• *SP-100*: Проспект Полугерметичные винтовые компрессоры HS.53 .. HS.95
OS.53 OS.7441	75 – 100%	–	• *SP-500*: Проспект Открытые винтовые компрессоры OS.53 .. OS.105
OS.74 (кроме OS.7441)	50 – 75 – 100%	–	• *SP-500*: Проспект Открытые винтовые компрессоры OS.53 .. OS.105
HS.85	50 – 75 – 100% (также 25% для разгрузки при пуске и для HSK85 с малым перепадом давления)	50 .. 100%	• *SP-100*: Проспект Полугерметичные винтовые компрессоры HS.53 .. HS.95
OS.85	50 – 75 – 100% (также 25% для разгрузки при пуске и для OSK85 с малым перепадом давления)	50 .. 100%	• *SP-500*: Проспект Открытые винтовые компрессоры OS.53 .. OS.105
CS.65 .. 96	25 – 50 – 75 – 100%	25 .. 100%	• *SP-170*: Проспект Полугерметичные компактные винтовые компрессоры CSH, CSW, CSVH, CSVW
HS.95 OS.95 .. 105 CS.105	–	25 .. 100% (для OS.A95..105: 10..100% в зависимости от условий эксплуатации)	• *ST-150*: Модуль компрессора для винтовых компрессоров CM-SW-01

Табл. 2: Диапазоны производительности винтового компрессора BITZER со ступенчатым и бесступенчатым регулированием производительности

УВЕДОМЛЕНИЕ
Приведенные здесь ступени производительности являются номинальными. Ступени эффективной производительности зависят от условий эксплуатации.

7 Работа с ECO при частичной производительности

В зависимости от типа регулятора производительности и ECO подключения, режим ECO также возможен при частичной нагрузке. В следующей таблице представлен обзор.

Компрессор	Тип механического регулятора производительности	ECO подключение	Возможна ли работа с ECO при частичной нагрузке с механическим регулятором?	Возможна ли работа с ECO при частичной нагрузке с регулируемой скоростью (FI)?
HS.53 .. 74	ступенчатое CR посредством регулирующих поршней	фиксирован в корпусе	да, при ступени производительности 75%	да
HS.85	двойное (бесступенчатое или ступенчатое) CR с помощью CR золотника	встроен в CR золотник	да	да
HS.95	бесступенчатое CR с помощью двойного золотника (CR+V_i)	фиксирован в корпусе	да, при производительности ≥80% и после консультации с BITZER	да
OS.53 .. 74 OS.A53 .. 74	ступенчатое CR посредством регулирующих поршней	фиксирован в корпусе	да, при ступени производительности 75%	да
OS.85 OS.A85	двойное (бесступенчатое или ступенчатое) CR с помощью CR золотника	встроен в CR золотник	да	да
OS.A95 .. 105	бесступенчатое CR с помощью двойного золотника (CR+V_i)	фиксирован в корпусе	да, при производительности ≥80% и после консультации с BITZER (смотрите ниже!)	да (смотрите ниже!)
CSH65 .. 95	двойное (бесступенчатое или ступенчатое) CR с помощью CR золотника	встроен в CR золотник	да	да
CSH76 .. 96	двойное (бесступенчатое или ступенчатое) CR с помощью CR золотника	фиксирован в корпусе	нет	да
CSW65 .. 95	двойное (бесступенчатое или ступенчатое) CR с помощью CR золотника	фиксирован в корпусе	нет	да
CSW105	бесступенчатое CR с помощью двойного золотника (CR+V_i)	фиксирован в корпусе	да, при производительности ≥80% и после консультации с BITZER	да
CSV	--	фиксирован в корпусе	-- (только работа с FI)	да
VSK	ступенчатое CR посредством регулирующих поршней	--	--	да

Табл. 3: Обзор ECO работы при частичной нагрузке. ECO всегда можно использовать при частичной нагрузке с регулируемой скоростью (например, с помощью преобразователя частоты), поскольку в этом случае механический регулятор производительности обычно остается на 100 % (см. Техническую информацию *ST-420*).

CR: регулятор производительности

FI: преобразователь частоты

V_i: геометрическая степень сжатия (объем на стороне всасывания / объем на стороне нагнетания)

OS.A95 и OS.A105: Гаситель пульсаций при работе с экономайзером

Для OS.A95 и OS.A105 компрессоров, работающих с ECO, рекомендуется установить гаситель пульсаций на линии экономайзера. Доступны два варианта:

- Система гасителя состоящая из гасителя, обратного клапана, управляющего клапана (для OC.A95 необходима одна сборка, для OC.A105 - две сборки)

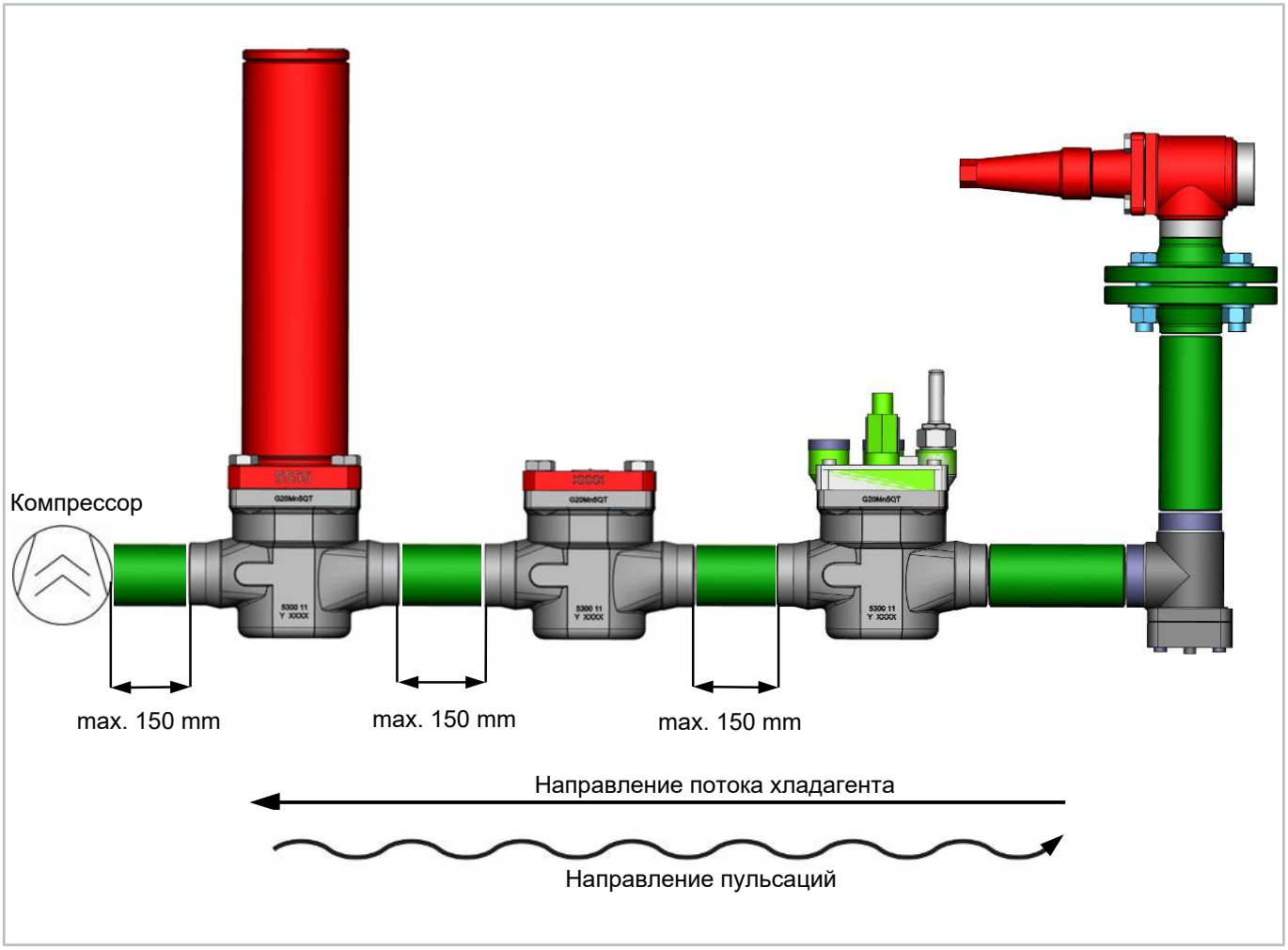

Рис. 12: Система гасителя состоящая из гасителя, обратного клапана, управляющего клапана

- базовый гаситель пульсаций, обозначенный как SD42 (арт. EPARTS: 354 004 05)

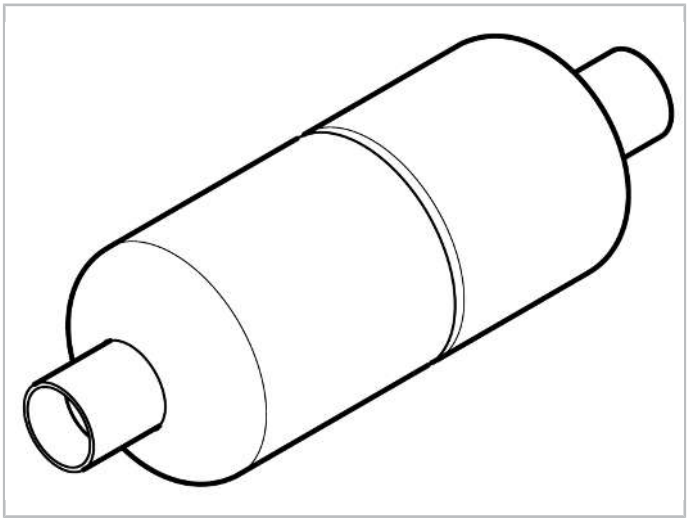

Рис. 13: Базовый гаситель пульсаций SD42 в ECO присоединении, арт. 354 004 05

Для работы при температуре конденсации > 40°C и/или температуре испарения > 10°C установка система гасителя обязательна. В остальном диапазоне, BITZER рекомендует гаситель пульсации SD42. Подробнее см. на следующем рисунке и в таблице.

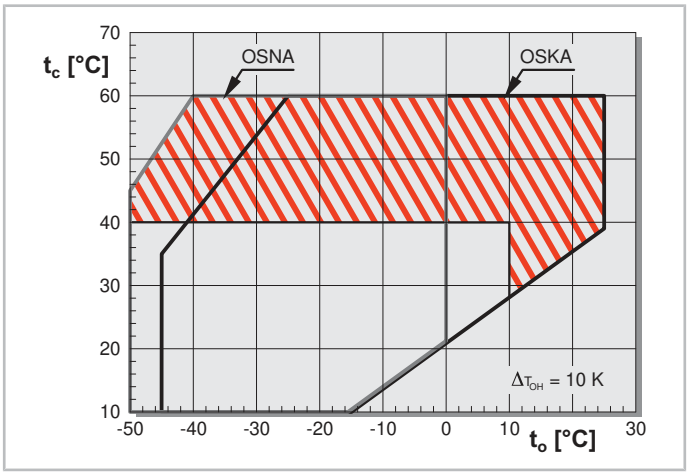

Рис. 14: Области применения винтовых компрессоров OS.A95 .. 105 в режиме ECO, в заштрихованной области. система гасителя ECO обязательна.

Планируемый рабочий диапазон	Гаситель пульсаций	Возможный диапазон регулирования производительности
Работа в заштрихованной области применения (t_c > 40°C и/или t_o > 10°C)	Система гасителя с экономайзером обязательна	• Золотник 80 % .. 100 % и фиксированная частота 50/60 Hz • или золотник 100 % и переменная частота 25 .. 67 Hz
Работа за пределами заштрихованной области применения (t_c < 40°C и t_o < 10°C)	Опция: система гасителя экономайзера	• Золотник 80 % .. 100 % и фиксированная частота 50/60 Hz • или золотник 100 % и переменная частота 25 .. 67 Hz
	Опция: базовый гаситель пульсаций SD42 в ECO присоединении	• Золотник 80 % .. 100 % и фиксированная частота 50/60 Hz

Табл. 4: Компрессоры OS.A95 и OS.A105 в режиме ECO: рекомендуемые гасители пульсаций и их сочетание с регулированием производительности

Смотрите также:

- *ST-420*: Эксплуатация винтовых компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты
- *ST-610*: Работа экономайзера с винтовыми компрессорами