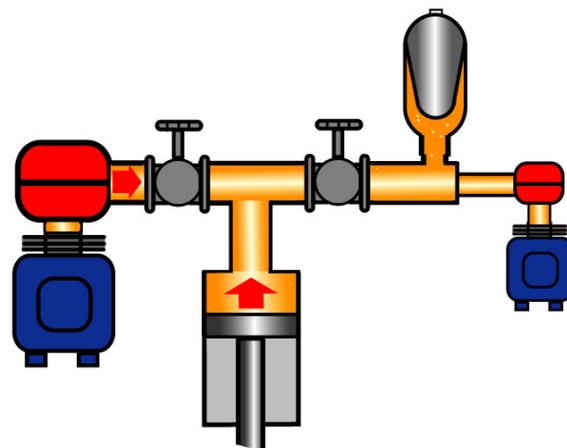


Nomenclatura / Nomenclature		
P0	Pressione della precarica d'azoto <i>Nitrogen pressure</i>	BarA
P1	Pressione minima del fluido <i>Minimum pressure of fluid</i>	BarA
P2	Pressione massima del fluido <i>Maximum pressure of fluid</i>	BarA
V0	Volume dell'accumulatore <i>Accumulator volume</i>	Litri
ΔV	Volume del fluido accumulato <i>Volume of accumulated fluid</i>	Litri
T1	Temperatura minima dell'azoto <i>Minimum temperature of fluid</i>	°C
T2	Temperatura massima dell'azoto <i>Maximum temperature of fluid</i>	°C
γ	Rapporto delle temperature specifiche = 1,4 <i>Specific nitrogen temperature ratio = 1,4</i>	



ACCUMULATORE DI ENERGIA:

Difficilmente in un impianto idraulico viene usata ininterrottamente tutta la portata della pompa. Un accumulatore idropneumatico immagazzina una certa quantità di fluido nella fase in cui verrebbe messo a scarico nel serbatoio di recupero e lo ricede all'impianto quando viene richiesta la massima portata per ridurre il lavoro che altrimenti spetterebbe esclusivamente alla pompa. E' quindi possibile dimensionare lo stesso impianto con una pompa con portata inferiore ottenendo un risparmio di potenza installata. Inoltre si ottiene un minore riscaldamento del fluido, una minore rumorosità del sistema, unito ad un livellamento delle variazioni di pressione e all'assorbimento di colpi d'ariete dovuti a rapidi azionamenti di valvole. Le formule seguenti sono la base per il dimensionamento dell'esatto accumulatore FOX, sia per questo utilizzo che per tutte le altre applicazioni in cui ne è richiesto l'uso. In tutte le applicazioni in cui i tempi di carico e scarico risultano essere lunghi (~ 3 minuti) e a temperatura costante è necessario utilizzare la formula isoterma. Per applicazioni con cicli frequenti invece va utilizzata la formula adiabatica.

ENERGY ACCUMULATOR:

It is improbable that an hydraulic system use all of its capacity without interruptions.

An hydropneumatic accumulator can store a certain amount of fluid that normally would be simply discharged in the tank and therefore help the pump when maximum capacity is requested. It is therefore possible to measure the same system with reduced pump capacity and consequently save installed capacity. Moreover, fluids tend to heat less, less system noise together with a flattening out of pressure and water hammer absorption variations due to rapid valve operation. The following formulas are the basis for sizing the exact FOX accumulator either for this application or for all other applications in which its use is requested. In all applications the following isothermal formula is used when charge and discharge times are prolonged at constant temperature (~3 minutes) and the adiabatic formula in the presence of frequent cycles.

Condizioni Isotermiche *Isothermal Conditions*

$$a) V_0 = \frac{\Delta V \cdot P_1 \cdot P_2}{P_0 \cdot (P_2 - P_1)}$$

$$b) \Delta V = \frac{P_0 \cdot V_0 \cdot (P_2 - P_1)}{P_1 \cdot P_2}$$

Condizioni Adiabatiche *Adiabatic Conditions*

$$a_1) V_0 = \frac{\Delta V}{\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}}$$

$$b_1) \Delta V_0 = V_0 \left[\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]$$

Dove/Where $\frac{1}{\gamma} = 0.7143$

Per ottenere il massimo rendimento dell'accumulatore la pressione dell'azoto deve essere $0.9 \times P_1$.

To get the maximum output of the accumulator the pressure of the nitrogen owes to be $0.9 \times P_1$.

INFLUENZA DELLA TEMPERATURA :

Quando nell'impianto si verifica uno sbalzo di temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$ i valori precedentemente calcolati non corrispondono alla realtà, pertanto è necessario calcolare nuovamente il volume dell'accumulatore e la pressione della precarica di azoto in funzione di tale cambiamento:

TEMPERATURE INFLUENCE :

When a temperature change takes place in the system (T2) it is necessary to regulate the accumulator taking into consideration this variable. Consequently the values obtained from the previous formulas will be varied in the following manner:

$$c) V_{0t} = V_0 \cdot \frac{273 + T_2}{273 + T_1}$$

Volume dell'accumulatore considerando la variazione della temperatura
 $V_{0t} =$ Accumulator volume in consideration of temperature variation

Un altro fattore influenzato dalla temperatura è la precarica di azoto soggetta anch'essa a variazioni di pressione in funzione degli sbalzi di temperatura. Considerando che la pressione di precarica viene eseguita ad una temperatura ambiente di 20°C, la formula è la seguente

An other factor influenced by temperature is the nitrogen pre-loading phase also subject to pressure variations in function of temperature change. Considering that pre-loading pressure is carried out at an environmental temperature of 20° C, the formula is the following:

$$d) P_0 \text{ a } 20^\circ\text{C} = 0,9 \cdot P_1 \cdot \frac{293}{273 + T_2}$$

$P_0 \text{ a } 20^\circ\text{C} =$

Valore della pressione di precarica di azoto a 20°C considerando l'aumento di pressione che avviene quando la temperatura sale a valore T2

Value of the nitrogen pre-loading pressure at 20° C in consideration of pressure increase when temperature rises to value T2

Smorzatore di pulsazioni

E' noto che le pompe, in particolare quelle volumetriche abbiano una portata più o meno regolare in funzione del numero delle mandate e dei giri. E' possibile uniformare il flusso di mandata montando un accumulatore idropneumatico FOX a valle della pompa.

Per il dimensionamento si utilizza la formula (a1) considerando: $\Delta V = C \times K$

dove:

C = cilindrata totale della pompa in litri

K = coefficiente del tipo di pompa

Pompa	K
Simplex	0.6
Duplex	0.25
Triplex	0.12
Quintuplex	0.06

Per quanto riguarda i valori delle pressioni da inserire nella formula (a1), sono in funzione della pulsazione media residua che si vuole ottenere. Per esempio volendo avere una pulsazione del $\pm 5\%$ in funzione della pressione di mandata media voluta (P_m) i valori saranno: $P_2 = P_m + 5\%$ e $P_1 = P_m - 5\%$.

Il valore P_0 relativo alla pressione di precarica deve essere:

$P_0 = 0.6 \times P_1$ per pompe simplex e duplex

$P_0 = 0.7 \times P_1$ per pompe triplex

$P_0 = 0.8 \times P_1$ per pompe quintuplex e oltre

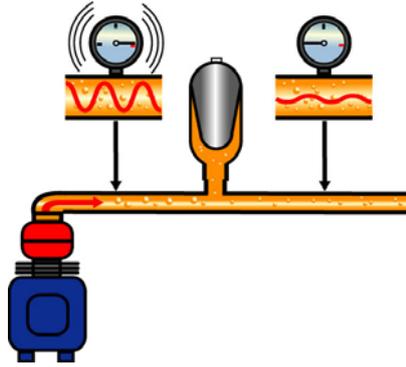
Per la precarica va anche tenuto conto della formula (d) che considera le eventuali variazioni di temperatura in fase di lavoro. Nell'impiego pratico, si è giunti sperimentalmente alla definizione di una formula più semplice e immediata per il calcolo del volume dell'accumulatore per questo tipo di impiego.

Tale formula fornisce un'ottima approssimazione:

$$V_0 = C \times Z$$

Dove Z rappresenta il coefficiente di moltiplicazione della cilindrata di un giro (c) della pompa (in litri), per ottenere il volume dell'accumulatore, in funzione della pulsazione residua voluta.

Per questa specifica applicazione teniamo a informare che oltre a diversi tipi di elastomero possiamo fornire varie alternative come riportato alla pagina del catalogo dedicata alle esecuzioni speciali



Pompa/ Pump (S.E.)	Z	Pulsazione residua Residual pulsation
Simplex	12	$\pm 5\%$
	30	$\pm 2.5\%$
	60	$\pm 1.5\%$
Duplex	5	$\pm 5\%$
	13	$\pm 2.5\%$
	25	$\pm 1.5\%$
Triplex	2	$\pm 5\%$
	4	$\pm 2.5\%$
	6	$\pm 1.5\%$
Quintuplex	1	$\pm 5\%$
	2	$\pm 2.5\%$
	3	$\pm 1.5\%$

Pulsation dampener

It is well known that pumps, in particular volumetric pumps, have a more or less fixed capacity determined by their displacement and revolutions per minute. It is possible to improve pump flow uniformity by installing a FOX hydropneumatic accumulator.

For proper selection use the formula: (a1)

considering: $\Delta V = C \times K$

where:

C = plunger displacement in litres

K = pump type coefficient

Pompa	K
Simplex	0.6
Duplex	0.25
Triplex	0.12
Quintuplex	0.06

As far as the pressure values to be inserted in formula (a1) are concerned, they are a function of desired residual pulsation.

For example, if a pulsation of 5% above average delivery pressure is desired (P_m) the values will be $P_2 = P_m + 5\%$ and $P_1 = P_m - 5\%$.

The value P_0 relative to the precharge pressure must be:

$P_0 = 0.6 \times P_1$ for simplex and duplex pumps

$P_0 = 0.7 \times P_1$ for triplex pumps

$P_0 = 0.8 \times P_1$ for quintuplex pumps and beyond.

For the precharge phase consider formula (d) which takes into consideration eventual temperature variations during the work phase.

In practical use, an easier way to calculate this volume has been developed experimentally and has been proven to be very useful:

$$V_0 = C \times Z$$

Where Z is the coefficient of the displacement of delivery in one revolution (c) of the pump (in litres), to obtain the volume of desired residual pulsation.

For this specific application it should be noted that in addition to different types of elastomers, various alternative as reported at page of catalogue dedicated to special execution

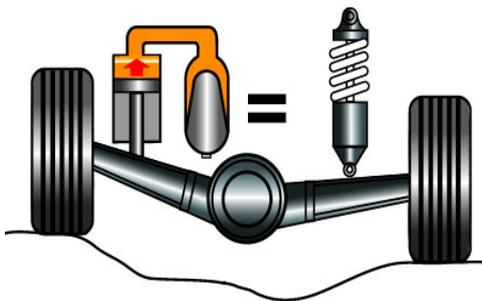
Esempio	
Pompa:	Triplex
Portata:	190 l/min
N° giri:	270
Pressione:	150 bar
Pulsazione residua:	$\pm 2.5\%$
$V_0 = (190 \times 4) / 270 = 2.8 \text{ l}$	
$P_0 = 150 \times 0.7 = 105 \text{ bar}$	
Se la temperatura di lavoro salisse a 50°C avremmo:	
$V_{0t} = 4.2 \times (273+50) / (273+20) = 4.6 \text{ l}$	
$P_0 \text{ azoto a } 20^\circ \text{C} = 105 \times 293 / (273+50) = 94.5 \text{ bar}$	
94.5 bar rappresenta il valore di precarica da effettuare a 20°C per aver a 50°C una pressione di esercizio pari a 105bar	

Example	
Pump :	Triplex
Flow:	190 l/min
N° cycles:	270
Pressure:	150 bar
Residual pulsation::	$\pm 2.5\%$
$V_0 = (190 \times 4) / 270 = 2.8 \text{ l}$	
$P_0 = 150 \times 0.7 = 105 \text{ bar}$	
If the working temperature increases to 50°C we shall have:	
$V_{0t} = 4.2 \times (273+50) / (273+20) = 4.6 \text{ l}$	
$P_0 \text{ nitrogen at } 20^\circ \text{C} = 105 \times 293 / (273+50) = 94.5 \text{ bar}$	
94.5 bar represents the value of preload to effect to 20°C to have to 50°C a pressure of exercise equal to 105 bar	

Molla idraulica bilanciamento di forze

Sospensione Idropneumatica

In questa tipologia di applicazioni il volume dell'accumulatore FOX risulta essere ovviamente in funzione dei volumi di fluido che è necessario assorbire e della variazione di pressione entro la quale si vuole ottenere una certa corsa del o dei cilindri (formula). E' necessario considerare che è indispensabile inserire in linea un regolatore di flusso unidirezionale per permettere un rapido accumulo ed un ritorno controllato. Per quanto riguarda i circuiti chiusi è obbligatorio prevedere una valvola di sicurezza in linea tarata al 95% della pressione massima dell'accumulatore.



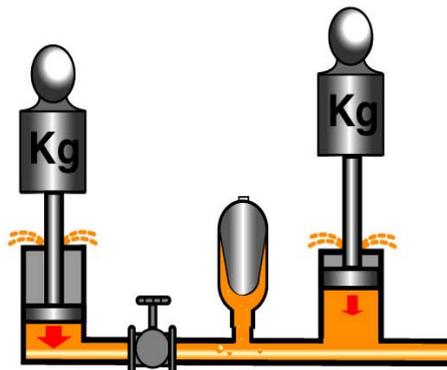
Hydraulic spring balancing of forces

Hydropneumatic suspension

In these applications the accumulator volume is obviously in function of the fluid volume to be absorbed and the pressure variation within which a certain stroke is desired from one or more cylinders (formula). It's also necessary to consider indispensable to insert an unidirectional flow regulator inline to permit rapid accumulation and controlled return. As far as the closed circuits are concerned, it is also obligatory to insert a safety valve set at 95% of the maximum accumulator pressure.

Compensatore di perdite

Un accumulatore idropneumatico FOX può essere utilizzato per mantenere in pressione un circuito idraulico chiuso compensando le perdite dovute a trafilamenti delle guarnizioni e dai drenaggi delle valvole. Per il dimensionamento occorre quantificare il volume di fluido da ripristinare in funzione anche del tempo di durata della pressione. Oltre alla pressione massima, deve essere stabilita la pressione minima dell'impianto per poter applicare la formula (a).



Leakage compensator

A FOX hydropneumatic accumulator can be used to maintain the pressure in a closed hydraulic circuit compensating the losses due to gasket blow-by and valve leakage. To regulate, it is necessary to quantify the volume of fluid to be stored also in relation to the amount of time under pressure, in addition to establishing minimum and maximum system pressures and applying formula (a) for sizing.

Compensatore dilatazione termica

In un circuito idraulico chiuso sottoposto a variazione di temperatura avviene una variazione di pressione dovuta alla dilatazione del fluido. Un accumulatore idropneumatico FOX assorbendo una parte di tale fluido può limitare l'aumento di pressione entro valori desiderati.

Per il dimensionamento occorre calcolare il volume di fluido da accumulare con la seguente formula:

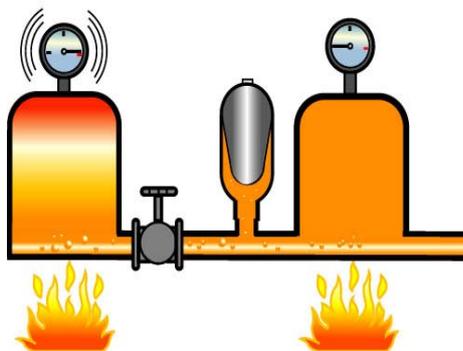
$$\Delta V = V * (T_2 - T_1) * B$$

Dove:

V = volume di fluido del serbatoio (litri)

B = coefficiente di dilatazione cubica del fluido

Applicando la formula (a) si ricava il volume dell'accumulatore in funzione della pressione voluta alla massima temperatura. Devono essere considerate inoltre le formule che tengono conto dell'influenza della temperatura nel dimensionamento del Vostro accumulatore FOX.



Thermal expansion compensator

In a closed hydraulic circuit subject to temperature variations, a variation of pressure takes place due to fluid expansion. A FOX hydropneumatic accumulator is able to absorb the expanded quantity of fluid and limit pressure increases within the values desired. To determine these values it is necessary to calculate the volume of fluid to be absorbed with the following formula:

$$\Delta V = V * (T_2 - T_1) * B$$

Where:

V = Volume of tank fluid (lt)

B = coefficient of cubic expansion of fluid.

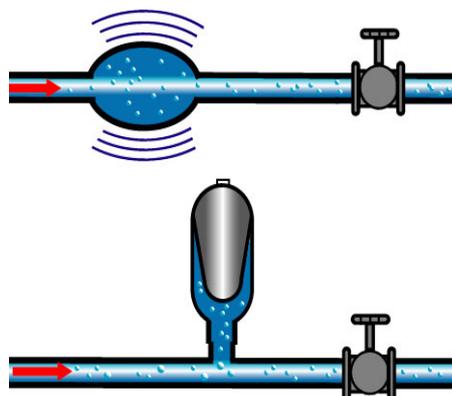
Applying formula (a), the volume of the accumulator is selected in relation to the desired pressure at maximum temperature.

Must be considered also the formulas that take into consideration the influence of temperature in the sizing of your FOX accumulator.

Assorbitore di colpi d'ariete

Come nell'esempio precedente occorre calcolare il volume del fluido che genera il colpo d'ariete e applicare la formula (a) per il dimensionamento indicando nel valore P2 la pressione massima voluta. E' evidente che la difficoltà maggiore risiede nel quantificare tale volume di fluido poiché soggetto a innumerevoli variabili quali: diametri e lunghezze delle tubazioni, portata e pressioni a monte e a valle della pompa, tempi di chiusura delle valvole, temperature, tipi e viscosità del fluido, ecc...

Per far fronte a queste problematiche il nostro Ufficio Tecnico è a Vostra completa disposizione con tutto il suo bagaglio di esperienze acquisite nel corso di più di trenta anni di applicazioni in campo idraulico.



Water hammer/shock absorber

As in the preceding example it is necessary to calculate the volume of fluid that generates water hammer and apply formula (a) for setting a value indicating P2 as maximum desired pressure.

It is evident that the difficulty consists in quantifying the volume of fluid that generates water hammer subject to innumerable variables such as: tube diameter and length, pump capacity and pressure, valve closure time, temperature, type and viscosity of fluids etc...

Our technical office, due to its vast acquired experience can help to resolve such application problems.