

平成 20 年 6 月 23 日 株式会社ダイアディックシステムズ

空圧シリンダの電動化による温室効果ガス削減効果

京都議定書を受けて公布された地球温暖化対策推進法のもとで、産業界全体に対する、温室効果ガス削減へのプレッシャーが増大するに伴い、従来から工場の動力源として広く利用されてきた空圧機器の低エネルギー効率が大きな問題となって来ております。

ダイアディックシステムズのメカシリンダは、空圧シリンダの代わりにご使用頂けるフィードバック制御された電動シリンダであり、高機能／高精度制御という特長に加えて、空圧シリンダに対する極めて高いエネルギー効率を有しており、工場の自動機械の動力源を空圧シリンダからメカシリンダに代えることによって大きな省エネルギー効果を得ることができます。本アプリケーションノートでは、メカシリンダの持つこの特長によって得られる省エネルギー効果による運用コストメリットを CO2 削減量の形で明確化致します。

一般に空圧シリンダは、シリンダ内に導入された圧縮空気を行程毎に捨てているため、エネルギーの利用効率が極めて低く、また一般に圧縮空気の圧力は、負荷条件に拘わらず元圧で一定となっているため、負荷からの反力が小さい用途においては、さらにエネルギー利用効率が低下致します。

これに対してメカシリンダにおいては、投入されたエネルギーは、電子回路とモータにおける熱損失を除いて全てが機械エネルギーに変換されるため高いエネルギー効率が得られ、さらにその推力は、フィードバック信号に基づいて負荷からの反力に応じた最適値に制御されるため、位置決め動作を中心としたアプリケーションでは、空圧シリンダとのエネルギー効率の差はさらに大きくなります。

以上により工場の自動機械の動力源を空圧シリンダからメカシリンダに代えることにより、大きな CO2 削減効果が得られます。

1. CO2 削減量算定対象期間

本書では、CO2 削減量算定対象期間を1年度(4月1日から翌年3月31日まで)と致します。

2. 対象機器の選定

(1) 評価対象メカシリンダ

本書では、高速タイプとして SCN5-010-150-S03(最大推力 10kgf)、高推力タイプとして SCN6-050-150-B(最大推力 50kgf)の2機種を評価対象機種と致します。

(2) 比較対象空圧シリンダ(ベースライン製品)

空圧シリンダの推力は、一般に下式によって与えられます。

$$FA = F \cdot \mu = (A \cdot P) \times \mu$$

FA:実際の推力 [N]

F:理論推力 [N]

P:使用圧力 [MPa]

A:ピストン受圧面積 [mm²]

μ :シリンダ推力効率

ここで、シリンダ径を D[mm]、ピストンロッド径を d[mm]とすると

$$\text{押し出し推力} = \pi / 4 \times (D^2 \cdot P \cdot \mu)$$

$$\text{引き込み推力} = \pi / 4 \times ((D^2 - d^2) \cdot P \cdot \mu)$$

上記により往復行程の平均推力は、

$$\text{平均推力 } F_{ave} = \pi / 4 \times ((D^2 - (d^2) / 2) \cdot P \cdot \mu)$$

チューブ内径φ20mmの空圧シリンダの場合、D=20[mm]、d=8[mm]となるので、使用圧力 0.5Mpa、シリンダ推力効率 0.8 とすると平均推力は

$$\text{平均推力} = \pi / 4 \times ((20^2 - (8^2) / 2) \cdot 0.5 \cdot 0.8) = 116[\text{N}] = 11.8[\text{kgf}]$$

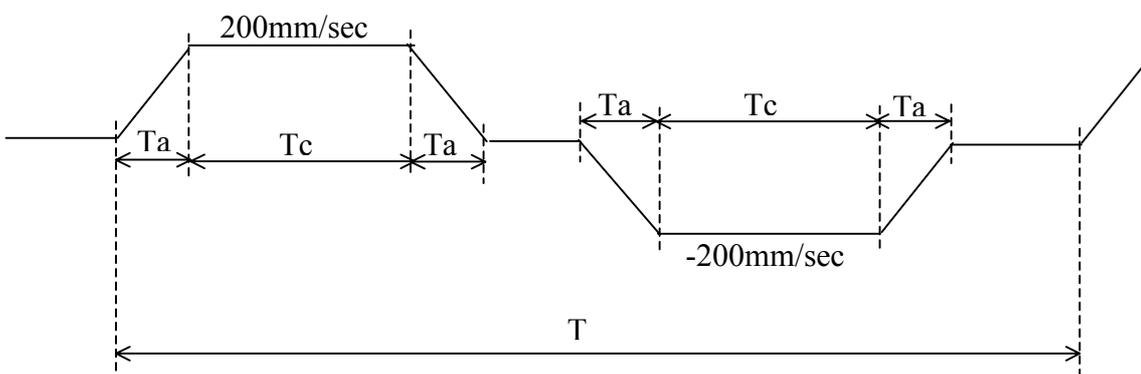
チューブ内径φ40mmの空圧シリンダの場合、D=40[mm]、d=14[mm]となるので、使用圧力 0.5Mpa、シリンダ推力効率 0.8 とすると平均推力は

$$\text{平均推力} = \pi / 4 \times ((40^2 - (14^2) / 2) \cdot 0.5 \cdot 0.8) = 472[\text{N}] = 48.2[\text{kgf}]$$

以上により比較対象ベースライン製品として、SCN5-010-150-S03 に対してチューブ内径φ20mm、ストローク 150mm の空圧シリンダ、SCN6-050-150-B に対してチューブ内径φ40mm、ストローク 150mm の空圧シリンダを選定致します。

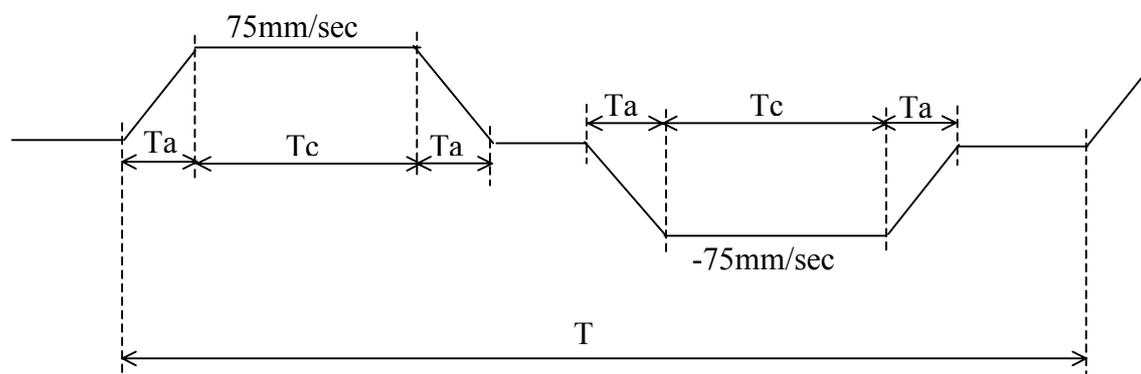
3. 基準負荷

現在の空圧シリンダの生産現場での応用の大半は、自動化/省力化という言い方がされているものであり、多くはマテリアルハンドリングの範疇に属するもので、慣性質量負荷の位置決め動作に帰着するものと考えられます。従って、算定にあたっての基準負荷としては、下記のような慣性質量に対する位置決め動作パターンを採用致します。



負荷慣性質量 10kg, 摩擦係数 0.2, ストローク 150mm, Ta=0.2sec, Tc=0.55sec, T=4.9sec

SCN5-010-150-S03(最大推力 10kgf)の基準負荷



負荷慣性質量 50kg, 摩擦係数 0.2, ストローク 150mm, Ta=0.2sec, Tc=1.80sec, T=7.4sec

SCN6-050-150-B(最大推力 50kgf)の基準負荷

4. 算定方法(年間エネルギー消費量算定方法)

前述の基準負荷におけるエネルギー原単位使用量を慣性質量負荷を往復移動させた時の総仕事と定義すると以下ようになります。

SCN5-010-150-S03(最大推力 10kgf)の基準負荷の場合

基準負荷 1 サイクルにおける原単位使用量は、
 $((10 \times 0.2) \times 9.8) [N] \times 0.3 [m] = 5.88 [J]$

年間稼働時間 2500[h]と仮定すると年間原単位使用量は、
 $5.88 [J] \times (3600 \times 2500) / 4.9 [\text{回}] \times 10^{-6} = 10.8 [MJ]$

SCN6-050-150-B(最大推力 50kgf)の基準負荷の場合

基準負荷 1 サイクルにおける原単位使用量は、
 $((50 \times 0.2) \times 9.8) [N] \times 0.3 [m] = 29.4 [J]$

年間稼働時間 2500[h]と仮定すると年間原単位使用量は、
 $29.4 [J] \times (3600 \times 2500) / 7.4 [\text{回}] \times 10^{-6} = 35.76 [MJ]$

この基準負荷におけるメカシリンダの消費電気エネルギーは、実測値に基き、下記のようになります。

SCN5-010-150-S03(最大推力 10kgf)の基準負荷の場合

年間消費電気エネルギーは、
 $((1.1 [A] \times 24 [V]) / 0.75) \times (1.9 \times 2500) / 4.9 [h] = 34.1 [kWh]$

SCN6-050-150-B(最大推力 50kgf)の基準負荷の場合

年間消費電気エネルギーは、
 $((2.8 [A] \times 24 [V]) / 0.75) \times (4.4 \times 2500) / 7.4 [h] = 133.2 [kWh]$

この基準負荷における空圧シリンダの消費電気エネルギーは、下記のように算出することができます。

チューブ内径φ20mm、ストローク150mmの空圧シリンダの基準負荷の場合

電磁弁から内径φ6mmで1.5m配管とした時の押し出し時の空気消費量は、

$$\pi / 4 (20^2 \times 150 \times 10^{-6} \times ((0.5+0.1)/0.1) + 6^2 \times 1500 \times 10^{-6} \times (0.5/0.1)) = 0.49 [l]$$

電磁弁から内径φ6mmで1.5m配管とした時の引き込み時の空気消費量は、

$$\pi / 4 ((20^2 - 6^2) \times 150 \times 10^{-6} \times ((0.5+0.1)/0.1) + 6^2 \times 1500 \times 10^{-6} \times (0.5/0.1)) = 0.45 [l]$$

平均的なエアコンプレッサの変換効率を0.11 kWh/m³とすると年間消費電気エネルギーは、

$$(0.49+0.45) [l] \times 10^{-3} \times (3600 \times 2500) / 4.9 [\text{回}] \times 0.11 = 183.7 [kWh]$$

チューブ内径φ40mm、ストローク150mmの空圧シリンダの基準負荷の場合

電磁弁から内径φ6mmで1.5m配管とした時の押し出し時の空気消費量は、

$$\pi / 4 (40^2 \times 150 \times 10^{-6} \times ((0.5+0.1)/0.1) + 6^2 \times 1500 \times 10^{-6} \times (0.5/0.1)) = 1.34 [l]$$

電磁弁から内径φ6mmで1.5m配管とした時の引き込み時の空気消費量は、

$$\pi / 4 ((40^2 - 6^2) \times 150 \times 10^{-6} \times ((0.5+0.1)/0.1) + 6^2 \times 1500 \times 10^{-6} \times (0.5/0.1)) = 1.20 [l]$$

平均的なエアコンプレッサの変換効率を0.11 kWh/m³とすると年間消費電気エネルギーは、

$$(1.34+1.20) [l] \times 10^{-3} \times (3600 \times 2500) / 7.4 [\text{回}] \times 0.11 = 339.8 [kWh]$$

以上により、エネルギーの使用に係わる原単位として下記のように位置決めエネルギー変換効率を定義致します。

SCN5-010-150-S03 の位置決めエネルギー変換効率

$$10.8 \text{ [MJ]} / 34.1 \text{ [kWh]} = 0.317 \text{ [MJ/kWh]}$$

SCN6-050-150-B の位置決めエネルギー変換効率

$$35.76 \text{ [MJ]} / 133.2 \text{ [kWh]} = 0.268 \text{ [MJ/kWh]}$$

チューブ内径φ20mm、ストローク150mmの空圧シリンダの位置決めエネルギー変換効率

$$10.8 \text{ [MJ]} / 183.7 \text{ [kWh]} = 0.059 \text{ [MJ/kWh]}$$

チューブ内径φ40mm、ストローク150mmの空圧シリンダの位置決めエネルギー変換効率

$$35.76 \text{ [MJ]} / 339.8 \text{ [kWh]} = 0.105 \text{ [MJ/kWh]}$$

5. CO2削減量算定例

例として、チューブ内径φ20mm、ストローク150mmの空圧シリンダ4軸とチューブ内径φ40mm、ストローク150mmの空圧シリンダ2軸で構成された自動機を想定します。この自動機のサイクルタイムは、12秒/サイクルであり、年間の平均稼働時間は2500hとします。この時の年間消費電気エネルギーは、

$$((5.88 \times 4 / 0.059 + 29.4 \times 2 / 0.105) \times (3600 \times 2500) / 12) \times 10^{-6} = 718 \text{ [kWh]}$$

この自動機の空圧シリンダをそれぞれ対応するメカシリンダ SCN5-010-150-S03 4軸と SCN6-050-150-B 2軸に置き換えたシステムを考えます。この場合の年間消費電気エネルギーは、

$$((5.88 \times 4 / 0.317 + 29.4 \times 2 / 0.268) \times (3600 \times 2500) / 12) \times 10^{-6} = 220 \text{ [kWh]}$$

この年間電気使用量の差から、CO2排出係数のデフォルト値 0.391 [kgCO2/kWh] を用いて、この自動機の電動化による年間CO2削減量を算出すると下記のようになります。

$$(718 - 220) \text{ [kWh]} \times 0.391 \text{ [kgCO2/kWh]} = 195 \text{ [kgCO2]} = 0.195 \text{ [tCO2]}$$

付表 各機種別の年間CO2削減量

基準負荷			動作プロフィール			メカシリンダ 型番	年間消費 電気 エネルギー kwh	空圧シリンダ				年間CO2 排出 削減量 kgCO2	
動作 ストローク	動作 速度	負荷 慣性質量	Ta	Tc	T			ボア径	ロッド径	空気消費量			年間消費 電気 エネルギー kwh
mm	mm/sec	kg	sec	sec	sec		mm	mm	押し出し l	引き込み l			
50	200	10	0.2	0.05	3.90	SCN5-010-050-S03	20.31	20	8	0.306	0.291	151.68	51.4
100	200	10	0.2	0.30	4.40	SCN5-010-100-S03	28.00	20	8	0.401	0.370	173.46	56.9
150	200	10	0.2	0.55	4.90	SCN5-010-150-S03	34.12	20	8	0.495	0.450	190.80	61.3
200	200	10	0.2	0.80	5.40	SCN5-010-200-S03	39.11	20	8	0.589	0.529	204.93	64.8
250	200	10	0.2	1.05	5.90	SCN5-010-250-S03	43.25	20	8	0.683	0.608	216.66	67.8
300	200	10	0.2	1.30	6.40	SCN5-010-300-S03	46.75	20	8	0.778	0.687	226.56	70.3
50	150	20	0.2	0.13	4.07	SCN6-020/040-050-B	46.16	32	12	0.453	0.419	212.46	65.0
100	150	20	0.2	0.47	4.73	SCN6-020/040-100-B	64.45	32	12	0.695	0.627	276.37	82.9
150	150	20	0.2	0.80	5.40	SCN6-020/040-150-B	78.22	32	12	0.936	0.834	324.50	96.3
200	150	20	0.2	1.13	6.07	SCN6-020/040-200-B	88.97	32	12	1.177	1.041	362.05	106.8
250	150	20	0.2	1.47	6.73	SCN6-020/040-250-B	97.58	32	12	1.418	1.249	392.16	115.2
300	150	20	0.2	1.80	7.40	SCN6-020/040-300-B	104.65	32	12	1.660	1.456	416.85	122.1
50	75	50	0.2	0.47	4.73	SCN6-050/060-050-B	82.03	40	14	0.589	0.543	236.75	60.5
100	75	50	0.2	1.13	6.07	SCN6-050/060-100-B	113.23	40	14	0.966	0.874	300.22	73.1
150	75	50	0.2	1.80	7.40	SCN6-050/060-150-B	133.19	40	14	1.343	1.204	340.82	81.2
200	75	50	0.2	2.47	8.73	SCN6-050/060-200-B	147.05	40	14	1.720	1.535	369.02	86.8
250	75	50	0.2	3.13	10.07	SCN6-050/060-250-B	157.25	40	14	2.097	1.866	389.75	90.9
300	75	50	0.2	3.80	11.40	SCN6-050/060-300-B	165.05	40	14	2.474	2.197	405.63	94.1

