

POLITECNICO DI TORINO

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
II SESSIONE – ANNO 2008**

Classe 36/S – INGEGNERIA MECCANICA – Prova pratica del 9/1/2009 - TEMA N. 3

Un magazzino frigorifero per carni si avvale di un impianto costituito da gruppi ad ammoniacca (fluido frigorifero R-717) che mantengono la temperatura prescritta in alcune celle frigorifere; più in particolare si tratta di:

- 2 celle a 0 °C;
- 3 celle a – 20 °C;
- 2 celle a -40 °C.

Le celle sono di forma rettangolare e le loro principali caratteristiche geometriche e funzionali sono riassunte nella tabella sottostante.

	2 celle a 0 °C	3 celle a – 20 °C	2 celle a -40 °C
Larghezza di una cella [m]	33,5	52,6	4,8
Lunghezza di una cella [m]	60	24	11,4
Altezza [m]	4,6	8	4,6
Spessore pareti [m]	0,15	0,15	0,15
Conducibilità pareti [W/(m·K)]	0,032	0,032	0,032
Ricambi di aria [h ⁻¹]	0,5	0,1	0,5
Carico di carne [kg/m ²]	60	50	120
Tempo di permanenza [h]	15	168	4
Temperatura carne in ingresso [°C]	30	-15	0
Temperatura interna delle celle [°C]	0	-20	-40

Si richiede di:

1. Calcolare il fabbisogno di freddo nei vari ambienti in condizioni di progetto, con temperatura esterna pari a 30 °C;
2. Tracciare i cicli termodinamici inversi a compressione di vapore per i tre ambienti giustificando il loro andamento;
3. Calcolare la potenza dei motori elettrici dei compressori asserviti a ciascuno degli ambienti e dimensionare la riserva di freddo necessaria per un funzionamento agevole dell'impianto;
4. Valutare l'effetto della variazione della temperatura esterna e del carico di carne sulla potenza elettrica necessaria a raffreddare le tre tipologie di celle e

in base a quanto ottenuto prevedere un opportuno margine di potenza frigorifera rispetto alle condizioni nominali.

Si allegano:

- Proprietà termofisiche del fluido frigorifero R-707;
- 3 copie del diagramma Log (p) – h del fluido frigorifero R-707.

Refrigerant 717 (Ammonia) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

Temp.,* °C	Pres- sure, MPa	Density, kg/m ³ Liquid	Volume, m ³ /kg Vapor	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c_p , kJ/(kg·K)			Velocity of Sound, m/s		Viscosity, μPa·s		Thermal Cond., mW/(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp., °C
				Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
-77.65a	0.00609	732.9	15.602	-143.15	1341.23	-0.4716	7.1213	4.202	2.063	1.325	2124.	354.1	559.6	6.84	819.0	19.64	62.26	-77.65
-70.00	0.01094	724.7	9.0079	-110.81	1355.55	-0.3094	6.9088	4.245	2.086	1.327	2051.	360.5	475.0	7.03	792.1	19.73	59.10	-70.00
-60.00	0.02189	713.6	4.7057	-68.06	1373.73	-0.1040	6.6602	4.303	2.125	1.330	1967.	368.4	391.3	7.30	757.0	19.93	55.05	-60.00
-50.00	0.04084	702.1	2.6277	-24.73	1391.19	0.0945	6.4396	4.360	2.178	1.335	1890.	375.6	328.9	7.57	722.3	20.24	51.11	-50.00
-40.00	0.07169	690.2	1.5533	19.17	1407.76	0.2867	6.2425	4.414	2.244	1.342	1816.	382.2	281.2	7.86	688.1	20.64	47.26	-40.00
-38.00	0.07971	687.7	1.4068	28.01	1410.96	0.3245	6.2056	4.424	2.259	1.343	1802.	383.4	273.1	7.92	681.4	20.73	46.51	-38.00
-36.00	0.08845	685.3	1.2765	36.88	1414.11	0.3619	6.1694	4.434	2.275	1.345	1787.	384.6	265.3	7.98	674.6	20.83	45.75	-36.00
-34.00	0.09795	682.8	1.1604	45.77	1417.23	0.3992	6.1339	4.444	2.291	1.347	1773.	385.8	257.9	8.03	667.9	20.93	45.00	-34.00
-33.33b	0.10133	682.0	1.1242	48.76	1418.26	0.4117	6.1221	4.448	2.297	1.348	1768.	386.2	255.5	8.05	665.7	20.97	44.75	-33.33
-32.00	0.10826	680.3	1.0567	54.67	1420.29	0.4362	6.0992	4.455	2.308	1.349	1759.	387.0	250.8	8.09	661.3	21.04	44.26	-32.00
-30.00	0.11943	677.8	0.96396	63.60	1423.31	0.4730	6.0651	4.465	2.326	1.351	1744.	388.1	244.1	8.15	654.6	21.15	43.52	-30.00
-28.00	0.13151	675.3	0.88082	72.55	1426.28	0.5096	6.0317	4.474	2.344	1.353	1730.	389.2	237.6	8.21	648.0	21.26	42.78	-28.00
-26.00	0.14457	672.8	0.80614	81.52	1429.21	0.5460	5.9989	4.484	2.363	1.355	1716.	390.2	231.4	8.27	641.5	21.38	42.05	-26.00
-24.00	0.15864	670.3	0.73896	90.51	1432.08	0.5821	5.9667	4.494	2.383	1.358	1702.	391.2	225.5	8.33	634.9	21.51	41.32	-24.00
-22.00	0.17379	667.7	0.67840	99.52	1434.91	0.6180	5.9351	4.504	2.403	1.360	1687.	392.2	219.8	8.39	628.4	21.63	40.60	-22.00
-20.00	0.19008	665.1	0.62373	108.55	1437.68	0.6538	5.9041	4.514	2.425	1.363	1673.	393.2	214.4	8.45	622.0	21.77	39.88	-20.00
-18.00	0.20756	662.6	0.57428	117.60	1440.39	0.6893	5.8736	4.524	2.446	1.365	1659.	394.1	209.2	8.51	615.5	21.90	39.16	-18.00
-16.00	0.22630	660.0	0.52949	126.67	1443.06	0.7246	5.8437	4.534	2.469	1.368	1645.	395.0	204.2	8.57	609.1	22.05	38.45	-16.00
-14.00	0.24637	657.3	0.48885	135.76	1445.66	0.7597	5.8143	4.543	2.493	1.371	1631.	395.8	199.3	8.63	602.8	22.19	37.74	-14.00
-12.00	0.26782	654.7	0.45192	144.88	1448.21	0.7946	5.7853	4.553	2.517	1.375	1616.	396.7	194.7	8.69	596.4	22.35	37.04	-12.00
-10.00	0.29071	652.1	0.41830	154.01	1450.70	0.8293	5.7569	4.564	2.542	1.378	1602.	397.5	190.2	8.75	590.1	22.50	36.34	-10.00
-8.00	0.31513	649.4	0.38767	163.16	1453.14	0.8638	5.7289	4.574	2.568	1.382	1588.	398.2	185.9	8.81	583.9	22.67	35.65	-8.00
-6.00	0.34114	646.7	0.35970	172.34	1455.51	0.8981	5.7013	4.584	2.594	1.385	1574.	398.9	181.7	8.87	577.7	22.83	34.96	-6.00
-4.00	0.36880	644.0	0.33414	181.54	1457.81	0.9323	5.6741	4.595	2.622	1.389	1559.	399.6	177.7	8.93	571.5	23.00	34.27	-4.00
-2.00	0.39819	641.3	0.31074	190.76	1460.06	0.9662	5.6474	4.606	2.651	1.393	1545.	400.2	173.8	8.99	565.3	23.18	33.59	-2.00
0.00	0.42938	638.6	0.28930	200.00	1462.24	1.0000	5.6210	4.617	2.680	1.398	1531.	400.8	170.1	9.06	559.2	23.37	32.91	0.00
2.00	0.46246	635.8	0.26962	209.27	1464.35	1.0336	5.5951	4.628	2.710	1.402	1516.	401.4	166.5	9.12	553.1	23.55	32.24	2.00
4.00	0.49748	633.1	0.25153	218.55	1466.40	1.0670	5.5695	4.639	2.742	1.407	1502.	401.9	162.9	9.18	547.1	23.75	31.57	4.00
6.00	0.53453	630.3	0.23489	227.87	1468.37	1.1003	5.5442	4.651	2.774	1.412	1487.	402.4	159.5	9.24	541.1	23.95	30.91	6.00
8.00	0.57370	627.5	0.21956	237.20	1470.28	1.1334	5.5192	4.663	2.807	1.417	1473.	402.8	156.2	9.30	535.1	24.15	30.24	8.00
10.00	0.61505	624.6	0.20543	246.57	1472.11	1.1664	5.4946	4.676	2.841	1.422	1458.	403.2	153.0	9.36	529.1	24.37	29.59	10.00
12.00	0.65866	621.8	0.19237	255.95	1473.88	1.1992	5.4703	4.689	2.877	1.428	1443.	403.6	149.9	9.43	523.2	24.58	28.94	12.00
14.00	0.70463	618.9	0.18031	265.37	1475.56	1.2318	5.4463	4.702	2.913	1.434	1429.	403.9	146.9	9.49	517.3	24.81	28.29	14.00
16.00	0.75303	616.0	0.16914	274.81	1477.17	1.2643	5.4226	4.716	2.951	1.440	1414.	404.2	144.0	9.55	511.5	25.04	27.65	16.00
18.00	0.80395	613.1	0.15879	284.28	1478.70	1.2967	5.3991	4.730	2.990	1.446	1399.	404.4	141.1	9.61	505.6	25.27	27.01	18.00
20.00	0.85748	610.2	0.14920	293.78	1480.16	1.3289	5.3759	4.745	3.030	1.453	1384.	404.6	138.3	9.68	499.9	25.52	26.38	20.00
22.00	0.91369	607.2	0.14029	303.31	1481.53	1.3610	5.3529	4.760	3.071	1.460	1370.	404.8	135.6	9.74	494.1	25.77	25.75	22.00
24.00	0.97268	604.3	0.13201	312.87	1482.82	1.3929	5.3301	4.776	3.113	1.468	1355.	404.9	133.0	9.80	488.4	26.03	25.12	24.00
26.00	1.0345	601.3	0.12431	322.47	1484.02	1.4248	5.3076	4.793	3.158	1.475	1340.	404.9	130.4	9.87	482.7	26.29	24.50	26.00
28.00	1.0993	598.2	0.11714	332.09	1485.14	1.4565	5.2853	4.810	3.203	1.484	1324.	405.0	127.9	9.93	477.0	26.57	23.89	28.00
30.00	1.1672	595.2	0.11046	341.76	1486.17	1.4881	5.2631	4.828	3.250	1.492	1309.	404.9	125.5	10.00	471.4	26.85	23.28	30.00
32.00	1.2382	592.1	0.10422	351.45	1487.11	1.5196	5.2412	4.847	3.299	1.501	1294.	404.8	123.1	10.06	465.7	27.14	22.67	32.00
34.00	1.3124	589.0	0.09840	361.19	1487.95	1.5509	5.2194	4.867	3.349	1.510	1279.	404.7	120.7	10.13	460.1	27.43	22.07	34.00
36.00	1.3900	585.8	0.09296	370.96	1488.70	1.5822	5.1978	4.888	3.401	1.520	1263.	404.5	118.4	10.19	454.6	27.74	21.47	36.00
38.00	1.4709	582.6	0.08787	380.78	1489.36	1.6134	5.1763	4.909	3.455	1.530	1248.	404.3	116.2	10.26	449.1	28.05	20.88	38.00
40.00	1.5554	579.4	0.08310	390.64	1489.91	1.6446	5.1549	4.932	3.510	1.541	1232.	404.0	114.0	10.33	443.5	28.38	20.29	40.00
42.00	1.6435	576.2	0.07863	400.54	1490.36	1.6756	5.1337	4.956	3.568	1.553	1216.	403.7	111.9	10.39	438.0	28.71	19.71	42.00
44.00	1.7353	572.9	0.07445	410.48	1490.70	1.7065	5.1126	4.981	3.628	1.565	1201.	403.3	109.8	10.46	432.6	29.06	19.13	44.00
46.00	1.8310	569.6	0.07052	420.48	1490.94	1.7374	5.0915	5.007	3.691	1.577	1185.	402.9	107.8	10.53	427.1	29.41	18.56	46.00
48.00	1.9305	566.3	0.06682	430.52	1491.06	1.7683	5.0706	5.034	3.756	1.591	1169.	402.4	105.8	10.60	421.7	29.78	17.99	48.00
50.00	2.0340	562.9	0.06335	440.62	1491.07	1.7990	5.0497	5.064	3.823	1.605	1153.	401.9	103.8	10.67	416.3	30.16	17.43	50.00
55.00	2.3111	554.2	0.05554	466.10	1490.57	1.8758	4.9977	5.143	4.005	1.643	1112.	400.3	99.0	10.86	402.9	31.16	16.04	55.00
60.00	2.6156	545.2	0.04880	491.97	1489.27	1.9523	4.9458	5.235	4.208	1.687	1070.	398.3	94.5	11.05	389.6	32.26	14.69	60.00
65.00	2.9491	536.0	0.04296	518.26	1487.09	2.0288	4.8939	5.341	4.438	1.739	1028.	396.0	90.1	11.25	376.4	33.47	13.37	65.00
70.00	3.3135	526.3	0.03787	545.04	1483.94	2.1054	4.8415	5.465	4.699	1.799	984.	393.3	85.9	11.47	363.2	34.80	12.08	70.00
75.00	3.7105	516.2	0.03342	572.37	1479.72	2.1823	4.7885	5.610	5.001	1.870	940.	390.1	81.9	11.70	350.2	36.30	10.83	75.00
80.00	4.1420	505.7	0.02951	600.34	1474.31	2.2596	4.7344	5.784	5.355	1.955	895.	386.5	78.0	11.95	337.1	38.00	9.61	80.00
85.00	4.6100	494.5	0.02606	629.04	1467.53	2.3377	4.6789	5.993	5.777	2.058	848.	382.5	74.2	12.23	324.1	39.95	8.44	85.00
90.00	5.1167	482.8	0.02300	658.61	1459.19	2.4168	4.6213	6.250	6.291	2.187	800.	377.9	70.5	12.55	311.0	42.24	7.30	90.00
95.00	5.6643	470.2	0.02027	6														



