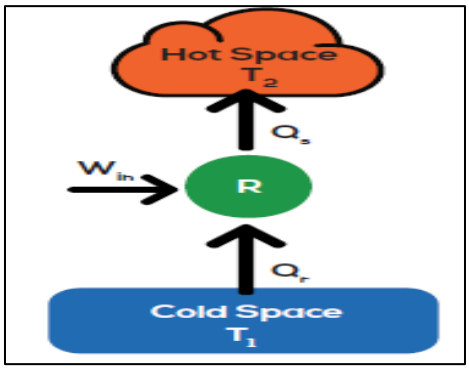
रेफ्रिजरेशन सिस्टम/ प्रशीतन व्यवस्था/ तंत्र

एक डेयरी प्लांट/संयंत्र में रेफ्रिजरेशन सिस्टम/ प्रशीतन तंत्र ऊर्जा की खपत में 40 प्रतिशत से भी अधिक का योगदान देता है. भाप के दबाव पर आधारित रेफ्रिजरेशन सिस्टम सभी डेयरी प्लांट्स में उपयोग में लाया जाता है जहाँ प्रशीतक यानी रेफ्रिजरेंट के तौर पर अमोनिया का उपयोग किया जाता है. रेफ्रिजरेशन सिस्टम के प्रमुख कार्यों में दूध की प्री चिलिंग (पहले से ठंडा करना), दूध तथा अन्य डेयरी उत्पादों की प्रोसेस कूलिंग (ठंडा रखने की प्रक्रिया) तथा दूध एवं अन्य डेयरी उत्पादों के संग्रहण (स्टोरेज) के लिए कोल्ड रूम्स तैयार करना शामिल है



रेफ्रिजरेशन का मुख्य उद्देश्य एक द्रव्य या ठोस जैसे किसी माध्यम गर्मी/ ऊष्मा को हटाना और इस गर्मी को कहीं और स्थानांतरित करना या निकाल देना होता है. अधिकांश सिस्टम्स में यह ताप या गर्मी, हवा (उदाहरण के लिए, एक रेफ्रिजरेटेड वेयरहाउस), पानी या ग्लाइकॉल (उदाहरण के लिए एक वाटर चिलर) या कोई खाद्य उत्पाद (उदाहरण के लिए आइसक्रीम) में से बाहर निकाल दी जाती है और बाहर की ओर आस-पास के वातावरण में स्थानांतरित कर दी जाती है

W_{in}- वर्क इनपुट

Q_S- हीट सप्लाईड

W_R- हीट रिजेक्टेड

ठंडक का असर कितना होगा इसकी मात्रा रेफ्रिजरेशन के टन पर निर्भर करेगी। एक टन लिक्विड वाटर को ज़ीरो डिग्री सेल्सियस पर जमाकर उसे ज़ीरो डिग्री सेल्सियस पर 24 घंटों में बर्फ में बदलने के लिए एक टीआर (मात्रा) हीट यानी ताप को बाहर निकालने की जरूरत होती है.

1. 1 काम पूरा होने के लिए आवश्यक:

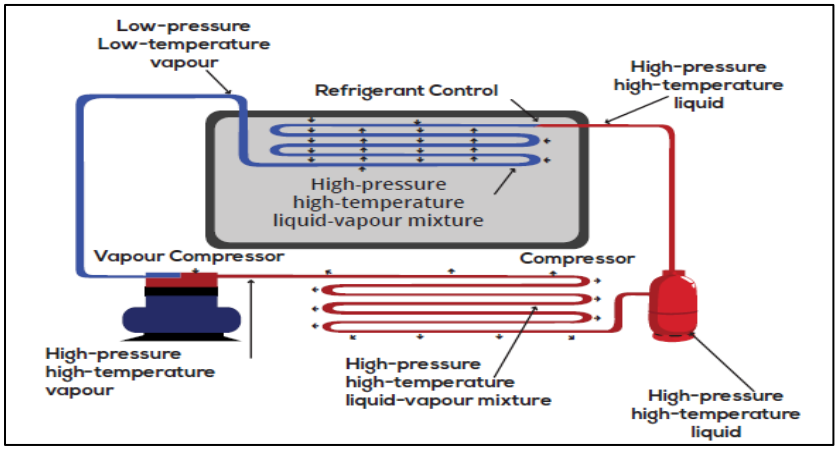
$$\text{Net Refrigeration Capacity(TR)} = \frac{m \times C_p \times (t_{in} - t_{out})}{3024}$$

किसी रेफ्रिजरेशन सिस्टम के प्रस्तुतिकरण के मामले में विशेष ऊर्जा खपत केडब्ल्यू/टीआर एक उपयोगी सूचक के तौर पर काम करता है. टीआर के पैमाने के अनुसार प्रदर्शित किये गये रेफ्रिजरेशन के काम तथा किलोवाट में मौजूद इनपुट को मापने के लिए केडब्ल्यू/ टीआर का उपयोग ऊर्जा के प्रदर्शन के सूचक के एक संदर्भ के तौर पर किया जाता है

1.2 वेपर कम्प्रेशन साइकल (वाष्प दबाव चक्र):

एक रेफ्रिजरेशन चक्र में जब कम्प्रेसर चलता है, तो प्रशीतक सिस्टम के जरिये बहना शुरू कर देता है. कॉम्प्रेसर निरंतर कम दबाव को खींचता/सोखता रहता है. कम तापमान वाले प्रशीतक एवोपरेटर यानी

वाष्पीकृत करने वाले यंत्र से भाप बनाते हैं और इसे उच्च दबाव (हाई प्रेशर) तथा उच्च तापमान (हाई टेम्प्रेचर) की स्थिति पर कंडेंसर की ओर पम्प कर देते हैं. कंडेंसर से होकर गुजरते हुए उच्च तापमान वाली भाप अपनी गर्मी को वातावरण में छोड़ देती हैं और उच्च दबाव वाली द्रव्य अवस्था में जम जाती हैं. कंडेंसर के बाद ये



यह उच्च दबाव वाला द्रव्य एक्सपांशन वॉल्व में जाता है जहाँ यह दबकर लो प्रेशर का हो जाता है. यह सबकुछ इतने अच्छे तरीके से बना होता है कि प्रशीतक की नियंत्रण गुणवत्ता एक आवश्यक चरण से दूसरे तक निश्चित, एवं पहले से निर्धारित दबाव पर बहती (एक्सपांशन वॉल्व की वजह से) चली जाती है. प्रशीतक (जैसे कि अमोनिया, आर 22 आदि) को रोकने पर दबाव और तापमान घट जाता है और जब यह कम दबाव और कम तापमान लिक्विड के बहाव को एवोपरेटर के जरिये रोकता है तो यह गर्मी को सोख लेता है और ठंडक को पैदा करता है. एवोपरेटर में गर्मी के अवशोषण से सभी कम दबाव वाले (लो प्रेशर) द्रव्य कम दबाव और कम तापमान वाली भाप बन जाते हैं, जिसे कि फिर से कंप्रेसर द्वारा सोख लिया जाता है. इस तरह से ये तमाम प्रक्रिया निरंतर चलती रहती है और जितनी अवधि तक कंप्रेसर चलता है, सिस्टम एवोपरेटर के इर्द-गिर्द ठंडक पैदा करता रहता है. वेपर कम्प्रेशन रेफ्रिजरेशन सिस्टम का एक ब्लॉक रेखा चित्र नीचे दिया गया है

1. 3 रेफ्रिजरेशन कम्प्रेसर्स के प्रकार:

यह भाप प्रशीतक/रेफ्रिजरेंट को एवोपरेटर से कंडेंसर दबाव तक सिकोड़ता है. कम्प्रेसर का चुनाव इसके कार्यों और क्षमता के आधार पर किया जाता है. इसके प्रकारों में शामिल हैं-

- **रेसिप्रोकेटिंग कम्प्रेसर:**

Description	Reciprocating	Centrifugal	Screw
kW/TR at 10°C chilled water temperature	0.8 - 0.9	0.38 - 0.70	0.55 - 0.75
Capacity Range	1 - 150 TR	>300TR	50 - 200 TR
Cost comparison w.r.t. reciprocating compressor	—	50% Higher	30% Higher

100 टी आर से कम क्षमता वाले डेयरी प्लांट्स में कम रेफ्रिजरेशन क्षमता के लिहाज से ये एकदम उपयुक्त हैं. छोटी साइज की रेसिप्रोकेटिंग यूनिट होने की वजह से ये कम कार्यक्षमता श्रेणी में आते हैं. क्योंकि छोटे सिस्टम में ऊर्जा पाने के लिए लगाई गई शक्ति के परिमाण के एक बड़े भाग के लिए मोटर को नुकसान होता है और घर्षण का कारण बन जाता है

- **स्क्रू कम्प्रेसर:**

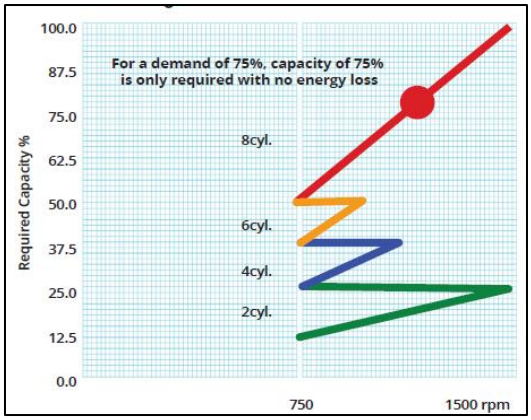
स्क्रू कम्प्रेसर को कई बार 'हेलिकल रोटरी' कम्प्रेसर के नाम से भी जाना जाता है, यह प्रशीतक को एक घूमने वाले स्क्रू के आकार के रोटर के 'थ्रेड्स' में फंसाकर सिकोड़ता है. स्क्रू कम्प्रेसर के उत्पादन को नियंत्रित करने के लिए कई प्रकार की विधियों का प्रयोग किया जाता है। इन भिन्न विधियों के बीच कार्यक्षमता में भी बड़ा अंतर् होता है. इनमें सबसे आम एक स्लाइड वॉल्व है जो कि उस ढांचे या कवर के एक हिस्से को बनाता है जो स्क्रू के आस-पास स्थित होता है. ये 100 टीआर से अधिक के इस्तेमाल के लिए उपयुक्त हैं

- **सेंट्रीफ्यूगल प्रकार:**

सेंट्रीफ्यूगल कम्प्रेसर्स सबसे अच्छी कार्यक्षमता वाले कम्प्रेसर हैं, उस स्थिति में जब ये करीब करीब पूरे भार के साथ काम में लाये जा रहे हों. इनकी कार्यक्षमता का लाभ बड़े आकार में सर्वाधिक है, और साथ ही ये बड़े पैमाने पर बचत की पेशकश भी करते हैं, इसलिए बड़े चिलर्स (ठंडक देने वाले) के बाजार में काफी दबदबा रखते हैं

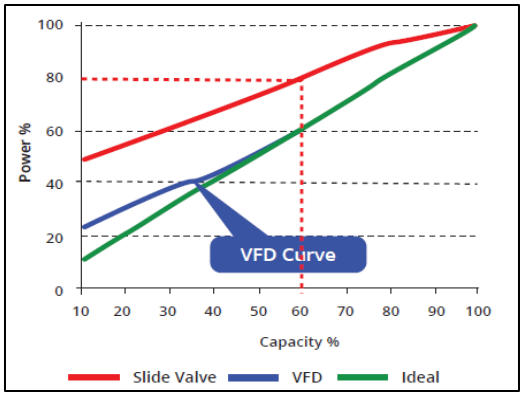
1.4 कम्प्रेसर्स के लिए वीएफडी क्षमता नियंत्रण

रेसिप्रोकेटिंग कम्प्रेसर गति नियंत्रण



- कम्प्रेसर्स क्षमता के लिए पिस्टन तथा वीएफडी दोनों साथ मिलकर संचालन करते हैं
- वीएफडी की गति सक्शन दबाव पीआईडी नियंत्रण पर निर्भर करती है
- इसमें कोई निष्क्रीय बैंड नहीं होता (रैम्प अप/डाउन का अधिकतम समय 30 सेकेंड्स होता है.
- अधिक सीधी रेखा/पंक्तिरूप में नियंत्रण सम्भव (सम्मिलित चरण+पंक्तिमय नियंत्रण)
- क्षमता के आधार पर 10-15 प्रतिशत की बचत
- निम्नतम गति बनाये रखना आवश्यक (ऑइल प्रेशर)

स्क्रू कम्प्रेसर गति नियंत्रण



- कम्प्रेसर के लिए स्लाइड वॉल्व तथा वीएफडी दोनों साथ मिलकर संचालन करते हैं.
- कैपेसिटी/ क्षमता
- वीएफडी की गति सक्शन दबाव पीआईडी नियंत्रण पर निर्भर करती है
- इसमें कोई निष्क्रीय बैंड नहीं होता (रैम्प अप/डाउन का अधिकतम समय 30 सेकेंड्स होता है.
- सिस्टम की तेज प्रतिक्रिया अधिक तापमान पर कार्यसंचालन की अनुमति देती है
- कम्प्रेसर सीओपी 60 प्रतिशत की क्षमता तक रैखिक है

- कम्प्रेसर पावर पर 20 प्रतिशत तक की बचत
- निम्नतम गति बनाये रखना आवश्यक (ऑइल प्रेशर)

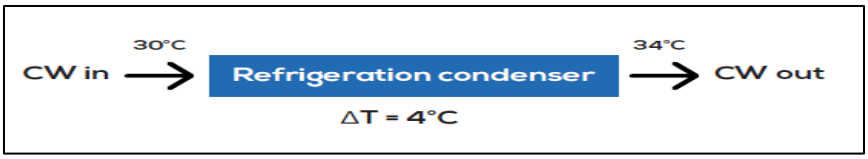
1.5 कंडेंसर

अधिक प्रयोग में लाये जाने वाले कण्डेन्सर्स के विकल्पों की श्रृंखला में एयर कूल्ड, एयर कूल्ड विथ वाटर स्प्रे तथा हीट एक्सचेंजर कूल्ड शामिल हैं. पर्याप्त आकार के ढांचे और ट्यूब वाले हीट एक्सचेंजर्स कण्डेन्सर्स के तौर पर अच्छे कूलिंग टावर कार्यसंचालन के साथ लो डिस्चार्ज प्रेशर वैल्यू में भी काम करने में मदद करता है और इससे प्लांट के रेफ्रिजरेशन की टीआर क्षमता में भी बढ़ोत्तरी होती है. कम्प्रेसर ऊर्जा खपत पर संघनित/ घने तापमान का प्रभाव भी होता है.

EFFECT OF VARIATION IN CONDENSER TEMPERATURE ON COMPRESSOR POWER CONSUMPTION			
Condensing Temperature (°C)	**Refrigeration Capacity (tons)**	**Specific Power Consumption**	**Increase in (kW/TR)**
26.7	31.5	1.17	-
35	21.4	1.27	8.5
40	20	1.41	20.5

- कंडेंसर की खराब ट्यूब कम्प्रेसर पर अधिक जोर लगाकर काम करने का दबाव डालती हैं, ताकि वांछित क्षमता की प्राप्ति हो सके. उदाहरण के लिए कंडेंसर की ट्यूब पर हुआ 0.8 एमएम स्केल का निर्माण ऊर्जा की खपत को 35 प्रतिशत तक बढ़ा सकता है.
- रेफ्रिजरेशन कम्प्रेसर पर कूलिंग वाटर सिस्टम/ ठंडे जल तंत्र का प्रभाव- ठंडा करने वाले पानी के तापमान को जितना सम्भव हो सके कम होना चाहिए। प्रत्येक 1डिग्री सेल्सियस के कम होने के साथ कम्प्रेसर की शक्ति 4-5 प्रतिशत घट जाती है.

कूलिंग वाटर (सीडब्ल्यू) की विशिष्ट डिजाइन डेल्टा टी कंडेंसर में चारों तरफ: 4 से 10 डिग्री सेल्सियस



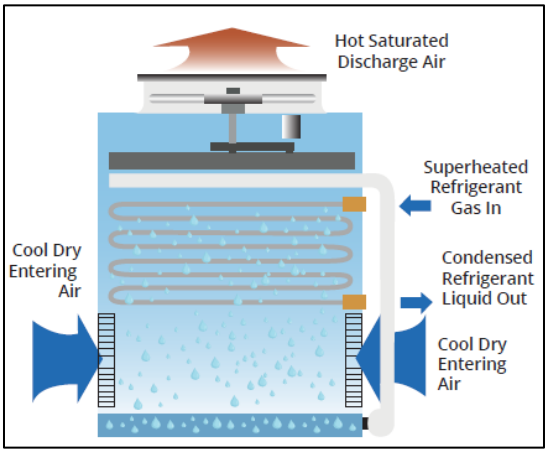
हाई डेल्टा टी का मतलब:

- कूलिंग वाटर का कम बहाव (पम्प की शक्ति का घटना) ए
- कम्प्रेसर की शक्ति का हल्का सा बढ़ना

- इसे कंडेंसर के क्षेत्रफल में वृद्धि करके बराबर किया जा सकता है.

1.5.1 एवोपरेटिव कंडेंसर:

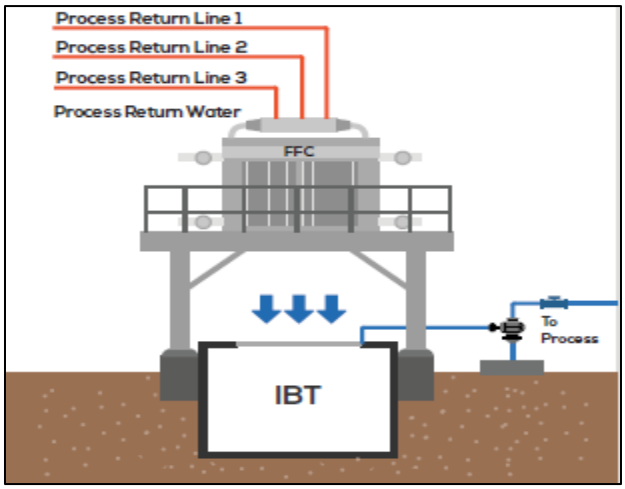
एवोपरेटिव कण्डेन्सर्स में कूलिंग टावर और वाटर कूल्ड कंडेंसर दोनों की विशेषताएं एक साथ एक ही यूनिट में होती हैं. इन कण्डेन्सर्स में ट्यूब की कई सारी शाखाओं पर ऊपरी भाग से पानी स्प्रे किया जाता है, प्रशीतक और हवा ले जाने वाली ये ट्यूब्स ऊपर की ओर होती हैं. एवोपरेटिव कण्डेन्सर्स में गाढ़ी होने वाली भाप एक कन्डेंसिंग क्वॉइल के जरिये फैलाई जाती हैं, जो कि बाहर की ओर से एक घूमते हुए वाटर सिस्टम द्वारा लगातार गीली की जाती हैं. एवोपरेटिव कंडेंसर का इंस्टालेशन, 36 डिग्री सेल्सियस का संघनित तापमान इतनी ही क्षमता की कूलिंग के लिए पाया जा सकता है.



1.6 चिल्ड वाटर जेनरेशन के प्रकार

आईबीटी सिस्टम- आईबीटी टैंक्स असल में एक गरम/उष्ण संग्रहण तंत्र की तरह होते हैं. ये ऊर्जा को ठंडे पानी/आइस बैंक के रूप में संग्रहित करके रखते हैं. आइबीटी टैंक्स को एक बफर के तौर पर उपलब्ध करवाया जाता है ताकि ठंडे पानी की मांग की पूर्ती हो सके. यह संग्रहण का पारम्परिक तरीका है जिसका उपयोग अधिकांश डेयरी करती हैं. आईबीटी में प्रयोग में लाई जाने वाली क्वॉइल की लम्बाई करीब 110-120 फीट/टीआर होनी चाहिए।

प्री चिलर/ फॉलिंग फिल्म चिलर:



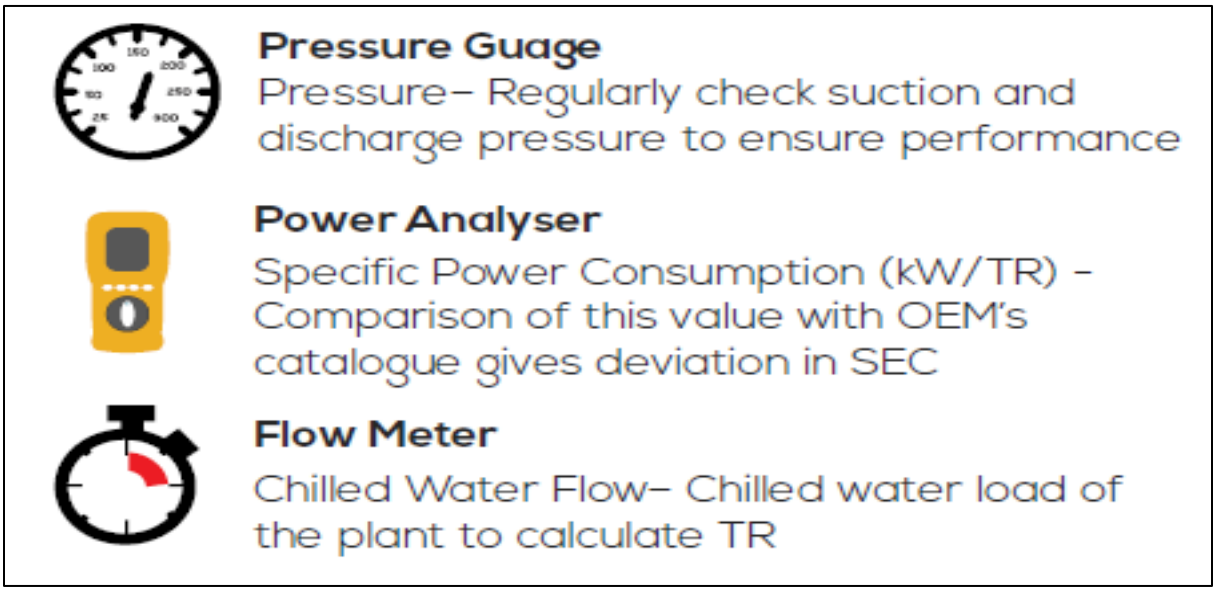
यहाँ वापस लौटने वाले पानी के तापमान में असमानता होती है और यह सीधे आइबीटी टैंक में जाता है. आईबीटी के लिए मुख्य आवश्यकता कॉईल पर बर्फ के उत्पादन की होती है और उसके लिए चिलर का उपयोग किया जाता है. चूँकि प्रक्रिया में वापस आने वाला पानी उच्च तापमान पर आ रहा होता है, आइबीटी को कॉइल पर बर्फ बनाने के लिए और अधिक समय चाहिए होता है. परिणामस्वरूप कम्प्रेसर की ऊर्जा की खपत बढ़ जाती है. आईबीटी के पहले एक प्री चिलर को इंस्टाल करने से प्रक्रिया में वापस आने वाले पानी के तापमान को आईबीटी तक आने से पहले ही 2 डिग्री तक घटाया जा सकता है. यह महत्वपूर्ण रूप से चिलर कम्प्रेसर की ऊर्जा की खपत को भी कम करता है क्योंकि आईबीटी पर पड़ने वाला पूरा भार कम हो जाता है.

1. 7 चिलर कम्प्रेसर से वेस्ट हीट की रिकवरी:

कम्प्रेसर से डिस्चार्ज हो चुकी गैस का तापमान आमतौर पर 80 डिग्री सेल्सियस तक होता है और इसमें गर्मी की अच्छी खासी मात्रा होती है जो कि कंडेंसर में अस्वीकृति के लिए चली जाती है.
डेयरी में प्रतिदिन कई तरह के बर्तनों और औजारों को साफ़ करने व धोने के लिए 60 -65 डिग्री सेल्सियस तापमान के गरम पानी की जरूरत होती है. ऐसे में डिस्चार्ज हुई गैस से निकलने वाली इस फ्री हीट का उपयोग एक डी- सुपर हीटर की इन्स्टालिंग द्वारा किया जा सकता है, ताकि गरम पानी पाया जा सके. इस हीट एक्स्चेंजर को इस प्रकार से डिजाइन किया जाना चाहिए कि तापमान के आवश्यक ऊंचाई पर पहुँचने के साथ ही पर्याप्त गर्मी को वापस पाया जा सके. गरम पानी पाने के बाद होने वाली ऊर्जा की सीधी बचत के अलावा कंडेंसर पर लोड होने वाली हीट के नीचे आने की अपेक्षा होती है, और यदि डिजाइन सही तरीके से बनाई गई होती है, तो कन्डेंसिंग प्रेशर भी अल्पमात्रा में कम हो जाता है जो कम्प्रेसर्स की ऊर्जा की खपत में कमी की ओर ले जाता है.

	IBT System	IBT cum Pre chiller
Total handling of milk (liters)	2.00 Lakhs	2.00 Lakhs
No of compressor	2 nos screw (1w+1S)	2 nos screw (1w+1S)
Comp. connected motor working	1nos. x 215 HP	1 no. x 180 HP
Suction/ Cond temp.	-10°C / 38°C	-5°C / 38°C
System Details	IBT	Pre chiller with IBT
Liq. pump system	YES	YES
Condenser Type	Evaporative Condenser	Evaporative Condenser
Refrigeration Capacity	150 TR	150 TR
Comp. BKW/ TR	0.95	0.782

2. कॉमन मोनिटरेबल पैरामीटर्स



जीईएफ – यूएनआईडीओ – बीईई प्रोजेक्ट

“भारत में चयनित MSME समूहों में ऊर्जा दक्षता और नवीकरण को बढ़ावा देना”

चयनित ऊर्जा गहन एमएसएमई (MSME) समूहों में प्रोसेस एप्लिकेशन में ऊर्जा दक्षता और नवीकरणीय ऊर्जा प्रौद्योगिकी के उपयोग को बढ़ाने के उद्देश्य से, संयुक्त राष्ट्र औद्योगिक विकास संगठन (UNIDO) ब्यूरो ऑफ एनर्जी एफिशिएंसी (बीईई) के सहयोग से, भारत में चयनित एमएसएमई (MSME) क्लस्टर्स में "ऊर्जा दक्षता और नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देने" के नाम से एक परियोजना को चला रहा है, जिसे वैश्विक पर्यावरण सुविधा (GEF) , सूक्ष्म, लघु और मध्यम उद्यम मंत्रालय (Mo MSME) एवं नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE) द्वारा वित्तीय सहायता प्रदान की गई है। परियोजना वर्तमान में देश भर में 5 विभिन्न क्षेत्रों में 12 चयनित एमएसएमई (MSME) समूहों में कार्यान्वयन में है ["फाउंड्री" - (कोयम्बटूर, बेलगाम और इंदौर), "डेयरी" - (गुजरात, केरल और सिक्किम), "सिरेमिक" - (थानगढ़) मोरबी और खुर्जा), "हैंडटूल" - (जालंधर और नागौर) और "पीतल" - (जामनगर)])

Contact Details

GEF-UNIDO-BEE, Project Management Unit (PMU)
BEE, 4th Floor, Sewa Bhawan,
Sector-1, R.K. Puram, New Delhi – 110066

Phone : +011-26914770 / 71
Email Id : gubpmu@beenet.in

डिस्क्लेमर

यह मैनुअल सीआईआई द्वारा जीईएफ- यूएनआईडीओ बीईई परियोजना की गतिविधियों के भाग लेने के लिए तैयार किया गया है, इसका मुख्य उद्देश्य लोगों तक यह जानकारी पहुंचाना है। जबकि सीआईआई ने इस मैनुअल में दी गई जानकारी की सटीकता सुनिश्चित करने के लिए हर संभव प्रयास किया है। हालांकि, न तो सीआईआई, जीईएफ - यूएनआईडीओ - बीईई, और न ही उनके किसी कर्मचारी को यहां दी गई जानकारी के उपयोग एवं उसके किसी भी परिणाम के लिए जिम्मेदार नहीं ठहराया जा सकता है। हालांकि, किसी भी विसंगति, त्रुटि आदि के मामले में, कृपया उचित सुधार के लिए पीएमयू से संपर्क किया जा सकता है।