

**ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG**  
**CHILLER LY TÂM ĐỆM TỪ Ở VIỆT NAM**  
**ENERGY EFFICIENCY REVIEW**  
**MAGNETIC BEARING CENTRIFUGAL CHILLER IN VIETNAM**

*PGS.TS. Lê Nguyễn Minh*  
*PCT Hội Lạnh & ĐHKK Việt Nam*  
*ThS. Nguyễn Thành Trung*  
*Trưởng Bộ môn NL&MT-ĐHXD*

*Tóm tắt: Mười năm gần đây, sự phát triển của Chiller ly tâm đệm từ là cuộc cách mạng tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực Lạnh và Điều hòa không khí. Chiller ly tâm đệm từ đã loại bỏ công nghệ vòng bi và dầu bôi trơn làm giảm hiệu suất năng lượng máy nén và chỉ số hiệu quả làm lạnh Chiller. Sử dụng Chiller ly tâm đệm từ không dầu có chỉ số IPLV >10 kW/kW cho các hệ thống ĐHKK chạy non tải nhiều giờ ở điều kiện khí hậu Việt Nam có thể đem lại hiệu quả sử dụng năng lượng cao hơn 35%-50% chiller có dầu trước đây.*

*Summary: Ten years ago, Development of Magnetic bearing centrifugal Chiller is revolutionary energy savings in the field of Refrigeration and Air conditioning. Oil-less Centrifugal Chiller was removed from technology bearings and lubrication reduces energy efficiency compressor and cooling efficiency index Chiller. Using Oil-less Magnetic Bearing Centrifugal Chiller with index IPLV >10 kW / kW for the HVAC system run- pard load hours in Vietnam climatic conditions can bring energy efficiency higher than 35% ÷ 50% lubricated chillers ago.*

### **1. CHỈ SỐ HIỆU QUẢ LÀM LẠNH CHILLER**

Theo [1] chỉ số hiệu quả làm lạnh COP (Coefficient of Performance) ở 100% tải của các loại chiller(máy làm lạnh nước) sử dụng máy nén ly tâm, trục vít và scroll hiện nay được đánh giá như sau:

- Chiller ly tâm giải nhiệt nước COP = 6,0÷7,18 kW/kW, cao hơn COP Chiller trục vít giải nhiệt nước(4,96÷5,77 kW/kW) khoảng 20%.
- COP chiller trục vít giải nhiệt nước cao hơn COP Chiller trục vít giải nhiệt gió (2,93÷3,18 kW/kW) khoảng 70%.
- COP chiller Scroll giải nhiệt nước COP= 4,5÷4,55 kW/kW, cao hơn COP Chiller scroll giải nhiệt gió (3,1÷3,38 kW/kW) khoảng 40%
- Chiller ly tâm giải nhiệt nước có COP cao gấp 2 lần COP chiller scroll giải nhiệt gió do khi tính COP chiller giải nhiệt nước không tính tiêu thụ điện của bơm và quạt tháp giải nhiệt , nhưng COP chiller giải nhiệt gió đã tính tiêu thụ điện quạt làm mát dàn ngưng

## 2. CHILLER LY TÂM CÓ DẦU VÀ KHÔNG CÓ DẦU

### 2.1 .Chiller ly tâm vòng bi

Hiện nay phần lớn Chiller ly tâm đều sử dụng gói đỡ trục kiểu vòng bi nên phải có dầu bôi trơn hòa tan trong môi chất lạnh. Do ma sát và cấu tạo vòng bi nên tốc độ máy nén ly tâm bị hạn chế , sau thời gian vận hành dầu bôi trơn bị phân hủy làm biến chất môi chất lạnh và nhiễm bẩn bề mặt trao đổi nhiệt, gây hư hỏng cách điện động cơ . Khi hòa tan 3,5% dầu trong môi chất lạnh sẽ gây tổn thất năng lượng khoảng 8%. Tất cả các loại Chiller sử dụng gói đỡ trục kiểu vòng bi và dầu bôi trơn hiện nay có COP không quá 7,8 kW/kW ở 100% tải.

**Bảng 2: Tổn thất năng lượng Chiller do nhiễm bẩn dầu [2]**

Nhiễm bẩn dầu trong bình bay hơi (%)	Tổn thất năng lượng (%)
1÷2	2÷4
3÷4	5÷8
5÷6	9÷11
7÷8	13÷15

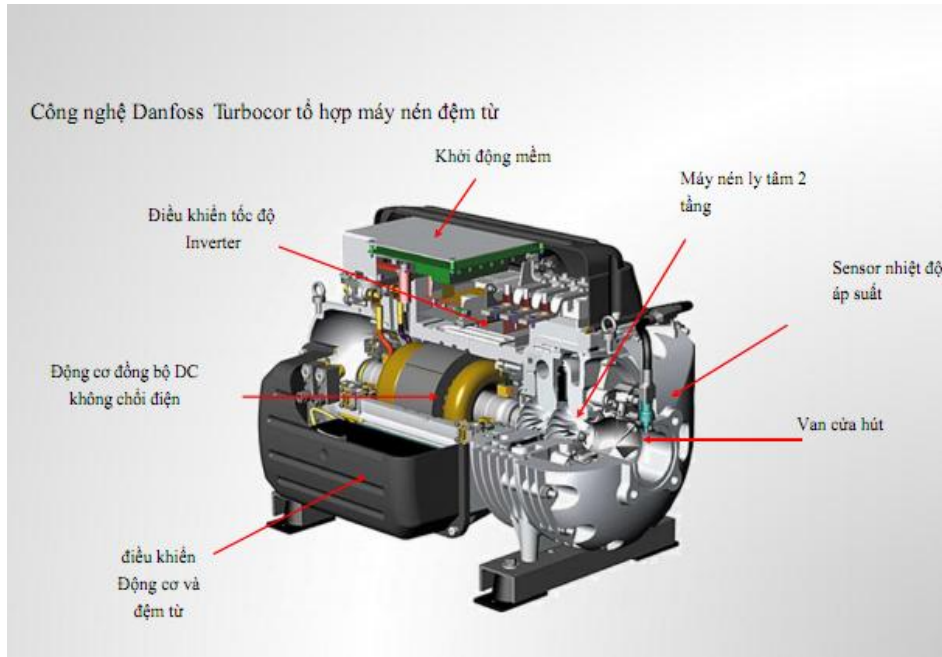
### 2.2. Chiller li tâm đệm từ

Sự phát triển của Chiller ly tâm đệm từ là cuộc cách mạng tiết kiệm năng lượng trong lĩnh vực lạnh và ĐHKK nhờ áp dụng đồng thời 2 công nghệ tiên tiến: VSD và gói đỡ đệm từ. Nhờ vậy, chiller đệm từ có thể chạy với tốc độ trên 40000 v/phút, đạt chỉ số COP cao khi chạy non tải và đặc biệt là không cần dầu bôi trơn đã giải thoát những khó khăn khi phải bôi trơn vòng bi trước đây.

- Gói đỡ đệm từ giữ cho trục máy nén tốc độ cao lơ lửng trong không khí nên gần như không có ma sát , động cơ biến tần điều khiển tốc độ máy nén 2 cấp đáp ứng chính xác phụ tải lạnh hệ thống ĐHKK. Bảng 3 cho biết tỷ lệ tổn thất năng lượng của các loại máy nén ly tâm.
- Do không cần dầu bôi trơn nên hiệu suất của bộ trao đổi nhiệt được cải thiện nhờ việc loại bỏ dầu bám dính và các loại khí hóa hơi nằm trên bề mặt trao đổi nhiệt.
- Độ rung động thấp và không còn tiếng ồn do không có vòng bi.
- Gói đỡ đệm từ chỉ tạo 30% tổn thất ma sát so với vòng bi cơ khí
- Loại bỏ chi phí của hệ thống dầu bôi trơn (bộ điều khiển, bơm dầu, gia nhiệt dầu...)

**Bảng 3: So sánh tổn thất năng lượng các loại máy nén ly tâm [2]**

Công suất đầu vào (100%)	Vòng bi/đệm từ %	Động cơ %	Hộp số %	VFD %	Công suất đầu ra %
Máy nén ly tâm vòng bi tốc độ không đổi 100%	5	4,2	1,0	-	89,8
Máy nén ly tâm vòng bi VFD 100%	5	4,7	1,0	2,4	86,9
Máy nén ly tâm đệm từ tốc độ cao 100%	1,5	2,0	-	2,0	94,5



Hình 1. Máy nén ly tâm đệm từ Danfoss Turbocor

- Tăng tuổi thọ thiết bị nhờ loại bỏ hư hỏng vòng bi, hệ thống dầu bôi trơn ...
- Tốc độ máy nén cao nên kích thước và trọng lượng chiller được thu nhỏ.

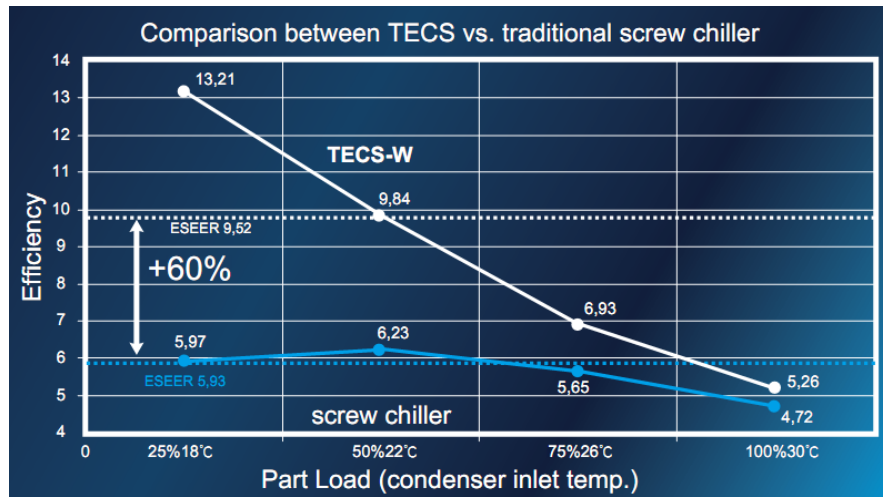
Bảng 4 giới thiệu các thông số kỹ thuật của máy nén đệm từ Danfoss Turbocor hiện đã đạt công suất lạnh 1230 kW (350 RT) và chiller ly tâm đệm từ đạt công suất trên 1000 RT khi tổ hợp nhiều máy nén.

**Bảng 4: Thông số kỹ thuật máy nén đệm từ Turbocor [3]**

Sản phẩm	TT300 R134a	TT350 R134a	TT400 R134a	TT500 R134a	TG310 R1234ze	
Tốc độ tối đa (RPM)	40000	35000	29000	23000	35000	
Tỷ số áp suất tối đa	4,8	5,2	3,5	3,5	5,2	
Áp dụng	Air/ water cooled	Air/ water cooled	Air/ water cooled	Air/ water cooled	Air/ water cooled	
Năng suất lạnh	RT	60/90	90/120	120/150	160/180	60/85
	kW	210/315	315/420	420/525	560/630	210/297

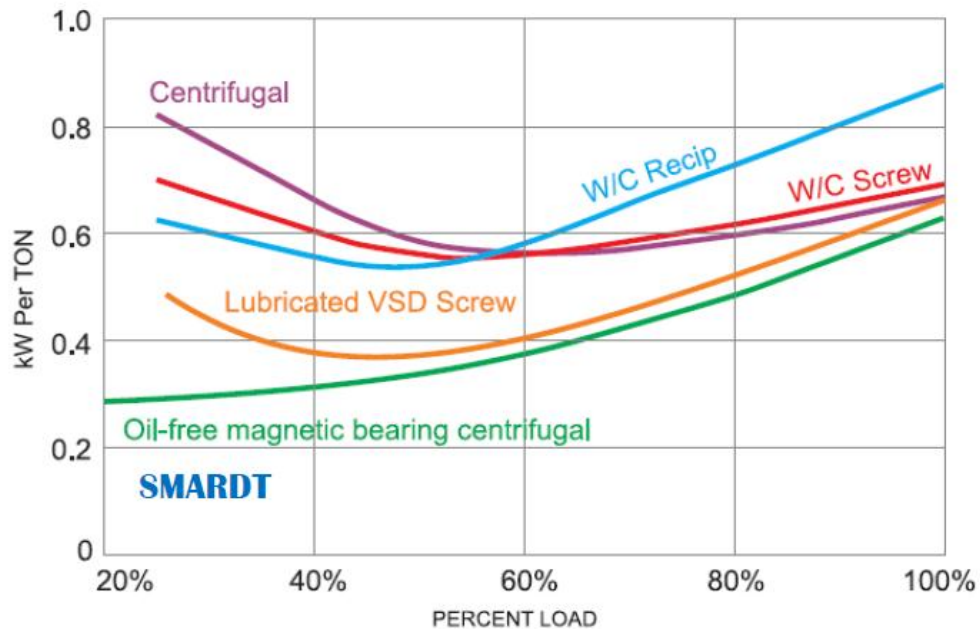
So sánh Chiller ly tâm đệm từ với Chiller trục vít vòng bi (Hình 2) có thể thấy khi chạy non tải COP Chiller ly tâm đệm từ liên tục tăng từ 5,26 lên 13,21 kW/kW, Chiller trục vít vòng bi chỉ tăng COP đến mức 50% tải, sau đó giảm dần.

- Tất cả các Chiller vòng bi có tiêu thụ điện thấp nhất ở mức 50÷60% tải
- Chiller trục vít vòng bi VSD có mức tiêu thụ điện thấp hơn Chiller tốc độ không đổi
- Chiller ly tâm đệm từ có mức tiêu thụ điện thấp nhất và giảm liên tục khi giảm tải.



Hình 2. COP Chiller đệm từ và Chiller trục vít vòng bi [4]

Hình 3. giới thiệu đường tiêu thụ điện (kW/RT) của các loại Chiller chạy non tải :



Hình 3. Chỉ số tiêu thụ điện các loại Chiller [5]

### 3. HIỆU QUẢ SỬ DỤNG CHILLER ĐỆM TỪ Ở VIỆT NAM

Chiller ly tâm đệm từ trước đây chỉ được sử dụng trong công nghệ quốc phòng và công nghiệp vũ trụ, đến năm 2004 bắt đầu được ứng dụng trong thương mại và đến năm 2011 trên thị trường đã có 4 nhà sản xuất Chiller ly tâm đệm từ theo tiêu chuẩn ARI (Air-conditioning & Refrigeration Institute) Standard 550/590.

#### 3.1. Điều kiện vận hành Chiller ở Việt Nam

ARI Standard 550/590 đưa ra công thức tính COP trung bình năm IPLV (Intergrated Part Load Value) của Chiller áp dụng cho điều kiện khí hậu Hoa Kỳ như sau :

$$IPLV = 0,01*A + 0,42*B + 0,45*C + 0,12*D \quad \text{kW/kW} \quad (1)$$

Điều kiện chạy làm lạnh: Nhiệt độ nước lạnh đi ra 7°C, nhiệt độ nước giải nhiệt đi vào 30 °C (100 % tải- A), 24 °C (75 % tải- B), 18 °C (50 % tải- C) và 18 °C (25 % tải- D).

Công thức (1) được xây dựng dựa trên sự làm tròn và hợp lý hóa số liệu khí hậu của 29 thành phố trên toàn lãnh thổ Hoa Kỳ có Chiller vận hành trong 25 năm. Phương pháp xây dựng công thức (1) rất khoa học, có tính thực tiễn và tổng quát cho một quốc gia nên không cần thiết phải chính xác cho từng khu vực. Theo phương pháp của ARI, công thức chỉ số hiệu quả làm lạnh trung bình năm ở châu Âu ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) có dạng:

$$ESEER = 0.03*A + 0.33*B + 0.41*C + 0.23*D \quad \text{kW/kW} \quad (2)$$

*Điều kiện chạy làm lạnh:* Nhiệt độ nước lạnh đi ra 7°C, nhiệt độ nước giải nhiệt đi vào 30°C (100% tải-A), 26°C (75% tải- B), 22°C (50% tải-C), 18°C (25% tải- D). Các hệ số trong công thức (2) khác với công thức (1) thể hiện sự tác động của điều kiện khí hậu châu Âu tới công thức tính chỉ số hiệu quả làm lạnh trung bình năm IPLV.

Trong thời gian một năm, hệ thống điều hòa không khí dân dụng (văn phòng, trung tâm thương mại, bệnh viện..) chạy đầy tải không quá 3% số giờ hoạt động, 75÷85% số giờ chạy ở mức 50÷75% tải và mức 25% tải chiếm số giờ còn lại tùy thuộc vào điều kiện khí hậu và phụ tải nhiệt của từng loại công trình. Chính vì vậy loại máy lạnh có COP cao ở chế độ chạy non tải sẽ thực sự đem lại hiệu quả năng lượng cho hệ thống ĐHKK.

Bảng 5 cho biết điều kiện vận hành chiller theo ARI Standard 550/590 và số liệu thống kê nhiệt độ không khí ở Hà Nội và TP Hồ Chí Minh, có thể thấy sự khác biệt như sau:

- ARI quy định nhiệt độ không khí làm mát đến 35°C và nước đến 30°C.

Vào mùa hè Hà Nội và TP Hồ Chí Minh có nhiệt độ không khí >35°C chiếm tỷ trọng khoảng 0,6% và nhiệt độ nước sau tháp giải nhiệt không nhỏ hơn 32°C. Tỷ trọng thời gian theo các mức nhiệt độ cũng có sự khác biệt.

- ARI quy định nhiệt độ không khí làm mát <13°C và nước <18°C, những giá trị này cũng xuất hiện vào mùa lạnh ở Hà Nội nhưng khác về tỷ trọng thời gian (14,38%). Ở TP Hồ Chí Minh gần như không có nhiệt độ không khí <18°C (0,01%).

Hiện nay, phần lớn các nhà sản xuất Chiller đưa ra bảng tính COP cho thị trường Việt Nam những giá trị gần đúng vì điều kiện khí hậu và tỷ trọng thời gian vận hành chiller trong công thức IPLV chưa được nghiên cứu đầy đủ.

**Bảng 5: Điều kiện nhiệt độ áp dụng công thức IPLV/NPLV**

										Tổng
Nhiệt độ không khí/nước làm mát (°C)		≤ 13	≤ 18	≤ 24	≤ 27	≤ 30	≤ 32	≤ 35	≤ 38	
ARI Standard 550/590	Tỉ lệ số giờ theo nhiệt độ không khí (EDB) (%)	12,0	45,0	-	42,0	-	-	1,0	-	100 %
	Tỉ lệ số giờ theo nhiệt độ nước làm mát (ECWT) (%)	-	12,0/45,0	42,0	-	1,0	-	-	-	100 %
Tỉ lệ số giờ theo nhiệt độ không khí [6]	Hà Nội (%)	4,4	14,38	27,55	22,51	19,45	6,97	4,18	0,56	100 %
	TP HCM (%)	-	0,01	6,73	33,86	35,51	13,8	9,43	0,66	100 %

## 2.2. Điều kiện khí hậu Hà Nội

### 3.2.1. Chiller ly tâm vòng bi

Xét trong một năm, khí hậu Hà Nội tương đối phù hợp với điều kiện chạy non tải cho trong ARI, sử dụng số liệu chạy cho trong Bảng 5 có thể tính giá trị IPLV/NPLV(Non Standard Part Load Value) với sự điều chỉnh các hệ số trong công thức (1).

COP Chiller ly tâm vòng bi 550 RT thay đổi không nhiều khi nhiệt độ nước làm mát giảm từ 32÷18,33 °C, (lớn hơn 2°C theo điều kiện IPLV). Dựa vào Bảng 5 có thể đưa ra công thức NPLV cho điều kiện khí hậu Hà Nội :

$$NPLV = 0,05 * A + 0,49 * B + 0,42 * C + 0,04 * D \quad (\text{kW/kW}) \quad (3)$$

Theo Bảng 6 tính được : NPLV = 7,04 kW/kW, giá trị này gần với kết quả tính theo điều kiện ARI : 7,0 kW/kW, giá trị này cao hơn COP 100% tải khoảng 17% (7,04/6,03=1,17)

### 3.2.2. Chiller ly tâm đệm từ

Sự khác biệt quan trọng giữa Chiller đệm từ và Chiller vòng bi là chỉ số COP Chiller đệm từ tăng nhanh khi Chiller chạy non tải ở điều kiện nhiệt độ nước làm mát vào bình ngưng giảm từ 32°C÷18°C. Dựa vào công thức (3) và Bảng 7 có thể tính được NPLV Chiller ly tâm đệm từ ở điều kiện khí hậu Hà Nội: NPLV=12,55 kW/kW, giá trị này thấp hơn khi tính theo điều kiện ARI : NPLV=13,47 kW/kW, nhưng cao hơn COP chiller ở 100% tải

**Bảng 6. Chỉ số COP Chiller ly tâm vòng bi chạy non tải [7]**

Load %	Capacity RT	Evap LWT	Evap EWT	Cond EWT	Cond LWT	kW	Amps	Efficiency	COP
100	550	7	12	32	37	320,5	568,5	0,583	6,03
75	412,5	7	10,75	25,17	28,83	203,8	384,2	0,494	7,11
50	275	7	9,5	18,33	20,78	134,4	283,7	0,489	7,19
25	137,5	7	8,25	18,33	19,59	81,1	209,1	0,59	5,96

khoảng 80% (12,55/6,758=1,85). Ở điều kiện khí hậu Hà Nội, đối với hệ thống ĐHKK dân dụng có chế độ chạy non tải nhiều giờ trong năm, sử dụng Chiller ly tâm đệm từ có hiệu quả năng lượng lớn hơn Chiller ly tâm vòng bi khoảng 70% (12,55/7,04 = 1,78).

**Bảng 7: COP Chiller ly tâm đệm từ 2110,2 kW [8]**

% Load	Capacity, kW	kW	Evaporator in temp, °C	Evaporator out Temp, °C	Condenser In Temp, °C	Condenser Out Temp, °C	COP
100	2110,2	312,25	12,00	7,00	32,00	37,00	6,758
75	1582,7	160,09	10,75	7,00	24,16	27,82	9,886
50	1055,1	66,49	9,50	7,00	18,33	20,68	15,870
25	527,6	30,06	8,25	7,00	18,33	19,50	17,550

## 3.3. Điều kiện khí hậu TP Hồ Chí Minh

### 3.3.1. Chiller ly tâm vòng bi

Trong công thức NPLV ở điều kiện khí hậu TP Hồ chí Minh thực sự chỉ có 3 số hạng ở mức 100%, 75% và mức 50% tải. Dựa vào Bảng 5 có thể đưa ra công thức :

$$\text{NPLV} = 0,10 \cdot A + 0,83 \cdot B + 0,07 \cdot C \quad \text{kW/kW} \quad (4)$$

Theo Bảng 6 tính được  $\text{NPLV} = 7,0 \text{ kW/kW}$ , giá trị này lớn hơn COP ở 100% tải khoảng 16% ( $7,0/6,758=1,16$ ) và bằng giá trị NPLV tính theo ARI.

### 3.3.2. Chiller ly tâm đệm từ

Sử dụng công thức (3) và Bảng 7 tính cho Chiller ly tâm đệm từ :  $\text{NPLV} = 9,98 \text{ kW/kW}$ , giá trị này thấp hơn NPLV tính theo điều kiện ARI , nhưng cao hơn COP 100% tải khoảng 40% ( $9,98/6,758=1,47$ ).

## 4. TỔNG HỢP VÀ NHẬN XÉT

Những kết quả trên đã cho biết IPLV của chiller , nhưng khi đánh giá hiệu quả năng lượng hệ thống ĐHKK chiller cần phải cộng thêm tiêu thụ điện của bơm( nước lạnh ,nước giải nhiệt), quạt tháp giải nhiệt, AHU/FCU . Để có thể so sánh cần tính toán COP hệ thống ĐHKK cho điều kiện khí hậu Hà Nội như sau:

PA1 : Hệ thống Chiller ly tâm đệm từ: 02x 2110 kW(600RT)@  $\text{NPLV}=12,55 \text{ kW/kW}$ , 40 FCU inverter (30 RT) x 4,2 kWe, hệ thống bơm(nước lạnh , giải nhiệt , bổ sung ) và quạt tháp giải nhiệt VSD 195 kWe :  $\text{COP}_{ht} = 6,04 \text{ kW/kW}$

PA2 : Hệ thống Chiller ly tâm vòng bi: 02 x 2110kW @  $\text{NPLV}=7,04 \text{ kW/kW}$ , 40 FCU inverter (30 RT) x 4,2 kWe, hệ thống bơm(nước lạnh , giải nhiệt , bổ sung ) và quạt tháp giải nhiệt VSD 195 kWe :  $\text{COP}_{ht} = 4,38 \text{ kW/kW}$

PA3: Hệ thống VRV Inverter loại High-COP[9]:30máy50HP x140kW(50HP)@41,4kWe/150FCU 28 kW@1,465kWe, ở100% tải nếu tính đủ tiêu thụ điện của dàn nóng và 5 FCU thì  $\text{COP}_{ht} = 2,87 \text{ kW/kW}$ . Khi hệ thống chạy non tải ( nhiệt độ không khí ngoài nhà giảm dần 35/27/18 °C ; trong nhà 27/19 °C), chỉ số trung bình năm có thể đạt :  $\text{COP}_{ht} = 4,36 \text{ kW/kW}$ [9], giá trị này cao hơn khi chạy đầy tải khoảng 50%

### **Nhận xét :**

-Ở điều kiện khí hậu Hà Nội, hệ thống ĐHKK Chiller ly tâm đệm từ có  $\text{COP}_{ht}$  lớn hơn  $\text{COP}_{ht}$  chiller ly tâm vòng bi và  $\text{COP}_{ht}$  VRV khoảng 35% ( $6,04/4,36=1,38$ ), nếu so sánh với loại Standard VRV thì hiệu quả năng lượng của chiller ly tâm đệm từ còn lớn hơn ( $6,04/3,94=1,53$ ).

-Tính cho hệ thống ĐHKK trung tâm thương mại công suất lạnh 4220 kW(1200 RT) chạy 2900 giờ/năm sử dụng chiller ly tâm đệm từ có thể giảm tiêu thụ điện khoảng 25% so với máy lạnh có dầu( 768000 kWh/năm ~1,3 tỷ VND/năm). Nếu tính cho hệ thống ĐHKK chạy 24/24 ( Data center, nhà ga hàng không...), sử dụng chiller ly tâm đệm từ có thể tiết kiệm khoảng 4 tỷ VND/năm tiền điện nhờ có COP cao khi chạy non tải.

### **Tài liệu tham khảo**

[1]HVAC Equations, Data and Rules of Thumb [5] Water cooled oil free-centrifugal Chillers- SMARDT TD-0080B- 16Dec.2011  
- 2008 USA

[2] *The NEWS*, 04/15/04, By Jack Sine  
McQuay International

[3] *Danfoss Turbocor Introduction*

[4] *Climaveneta - Magnetic bearing Chiller  
TECS-W/L-E Series (79-612RT)*

[6] *Phát triển kiến trúc bền vững, kiến trúc  
xanh ở Việt Nam*

*Phạm Đức Nguyên-NXBTrT 2012*

[7] *CVHG 0565- Trane CenTraVac Chiller*

[8]: *Smardt Water cooled oil free chiller  
Performance Specification WA 240*

[9] *Daikin VRV IV-PVVD1320*