

THIẾT KẾ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ VÀ THÔNG GIÓ

- PGS.TS. Lê Nguyên Minh-Tel. 0904017722 - leminh1048@gmail.com

1.TỔNG QUAN THIẾT KẾ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG

- Các công trình xây dựng hiện đại quy mô lớn không thể đưa vào sử dụng nếu thiếu sự vận hành của hệ thống Cơ-Điện, trong đó Điều hòa không khí-Thông gió (ĐHKK-TG) đem lại điều kiện sống an toàn và tốt hơn cho người sử dụng. Trong Bộ tiêu chí đánh giá công trình xanh (CTX) của Việt nam, tiêu chí Hiệu quả năng lượng chiếm 45% tổng số điểm , trong đó chủ yếu là tiêu thụ điện của hệ thống ĐHKK-TG.Theo số liệu thống kê của Sở công thương 2014, tiêu thụ điện của hệ thống ĐHKK trong các tòa nhà hỗn hợp trên địa bàn TP Hà nội từ 40-56 % và hệ thống TG từ 2,6-6,9 % tổng tiêu thụ điện tòa nhà [1] .

- Thiết kế tiết kiệm năng lượng hệ thống ĐHKK-TG có ý nghĩa rất quan trọng và phải được thảo luận với kiến trúc ngay trong giai đoạn thiết kế ý tưởng. Kỹ sư Cơ-Điện (M&E) phải đưa ra công nghệ tiên tiến phù hợp với đặc điểm và mức độ đầu tư của công trình để có thể đem lại điều kiện sống tốt hơn với chi phí năng lượng thấp nhất.

- Để cải thiện chất lượng thiết kế M&E cho các công trình xây dựng quy mô lớn hiện nay, Bộ xây dựng cần bổ sung nội dung báo cáo kiểm toán năng lượng sơ bộ của đơn vị độc trong phê duyệt thiết kế cơ sở 1/500. Đồng thời sửa đổi quy định chưa hợp lý trong QĐ Số 957/QĐ-BXD, 29/9/2009 về chi phí thiết kế M&E chỉ dựa trên phần xây dựng, trong khi giải pháp kỹ thuật công nghệ mới thực sự đem lại giá trị cho bản thiết kế lại nằm ở phần thiết bị. Sự bất hợp lý này đã không thúc đẩy công tác thiết kế M&E theo hướng nghiên cứu sáng tạo, chủ yếu là sao chép những giải pháp đơn giản .

- Theo quy trình mới, thiết kế kiến trúc sẽ được hoàn thiện ngay từ ban đầu theo định hướng tiết kiệm năng lượng của hệ thống M&E, nhờ vậy có thể đem lại sự hài hòa giữa kiến trúc và công nghệ, tạo môi trường sống xanh hơn cho người dân, đây chính là quy trình thiết kế thụ động (Passive design) có giá trị kiến trúc và hiệu quả năng lượng trong các Công Trình Xanh hiện nay.

- Phát triển xu hướng thiết kế tiên tiến nói trên, các đơn vị thiết kế M&E cần phải bổ sung các kiến thức chuyên ngành: Kiến trúc quy hoạch, CTX, Sử dụng và biến đổi năng lượng, Kỹ thuật ĐHKK-TG, Điều khiển tự động ,...để có thể đưa ra giải pháp thiết kế sáng tạo phù hợp với từng loại công trình, tránh tình trạng thiết kế đơn điệu chỉ sử dụng VRF như hiện nay.

[1] –Báo cáo tổng kết “ Hỗ trợ nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng trong các tòa nhà trên địa bàn TP Hà nội “ – Sở công thương TP Hà nội - 2014 ,

2. NĂNG LƯỢNG SỬ DỤNG TRONG CÔNG TRÌNH

Năng lượng sử dụng trong hệ thống Co-Điện công trình được chia làm hai loại:

- Điện năng là dạng năng lượng thứ cấp, sản xuất từ các nguồn năng lượng sơ cấp (nhiệt năng, thủy năng, sức gió, bức xạ mặt trời, ...) trong nhà máy điện, turbine gió, Pin mặt trời, ... để cung cấp cho các thiết bị tiêu thụ điện: động cơ điện máy lạnh, quạt thông gió, bình đun nước nóng điện, đèn điện, ...

- Nhiệt năng thu được khi đốt than, dầu, ... có thể sử dụng trực tiếp cho thiết bị đun nước nóng, máy sấy, máy lạnh hấp thụ, ...

Vì vậy, khi thực hiện kiểm toán năng lượng công trình có thể phải quy đổi các dạng năng lượng khác nhau về tấn dầu tương đương TOE, Bảng 1.

Bảng 1. Hệ số quy đổi giữa các dạng năng lượng

Dạng năng lượng	Đơn vị	Hệ số quy đổi ra TOE	
		10^9 J/đơn vị	TOE/đơn vị
Than mỡ	1 tấn	25,69	0,619
Than cốc		27,68	0,725
Than bitum A		24,50	0,588
Than cám 5,6	1 tấn	20,75	0,5
Dầu FO (dầu nặng)	1 tấn	41,87	0,99
	1000 lít	39,01	0,94
Dầu DO	1 tấn	43,14	1,02
	1000 lít	37,2	0,88
Khí hóa lỏng LPG	Tấn	46,1	1,09
Khí tự nhiên (NG-1atm, 20°C)	10^6 m ³	$37,35 \cdot 10^3$	900
Xăng oto, xe máy (Gasoline)	Tấn	44,4	1,05
	1000 lít	35,1	0,83
Sản xuất Điện (Nhà máy điện đốt dầu FO)	10^3 kWh	6,19	0,1543

Ghi chú: TOE (Ton of Oil Equivalent) - Tấn dầu tương đương

$1 \text{ TOE} = 41,5 \text{ GJ} = 11.528 \text{ kWh}$; $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ} = 860 \text{ kcal}$

Bảng 2 cho biết trị số quy đổi giữa các dạng năng lượng về kWh điện để có cùng đơn vị so sánh khi tính chỉ số tiêu thụ năng lượng (kWh/m².năm) cho toàn bộ công trình.

Khi đánh giá tiêu thụ năng lượng trong công trình xanh, tùy theo nguồn năng lượng sử dụng có thể quy ước là giá trị (+) hoặc (-) cho trong Bảng 2:

- Năng lượng tiêu dùng kWh sẽ mang dấu “+” khi điện năng được sản xuất từ nguồn năng lượng không thể tái tạo (than, dầu, ...)

- Mang dấu “-” khi điện năng được sản xuất từ năng lượng tái tạo (năng lượng mặt trời, sức gió, thủy điện, ...)

Bảng 2. Đương lượng năng lượng điện tính theo nguồn năng lượng tiêu thụ

Năng lượng	Nhiệt trị thấp MJ/kg	Nguồn năng lượng sản xuất điện năng	Điện năng tính bằng kWh	Quy định dầu năng lượng	
<i>Năng lượng không thể tái tạo</i>					
<i>Điện lưới</i>		1 kWh	1 kWh	+	
<i>Nhiên liệu hóa thạch</i>					
Than cám 5	21,15	0,4 kg	1 kWh	+	
Than Bitum A	26,79	0,32kg	1 kWh	+	
Dầu FO	41,87	0,1543 kg	1 kWh	+	
Khí đốt tự nhiên	37,35	0,17 kg	1 kWh	+	
<i>Năng lượng tái tạo</i>					
Củi gỗ	15,0÷18,0	1,95÷1,64 kg	1 kWh		-
Điện mặt trời	-	-	1 kWh		-
Điện gió	-	-	1 kWh		-
Thủy điện nhỏ	-	-	1 kWh		-

3. TIÊU CHUẨN THAM KHẢO

Tiêu chuẩn chuyên ngành là sự tổng hợp những kiến thức và kinh nghiệm được trình bày ngắn gọn làm cơ sở áp dụng cho các hoạt động tư vấn, thiết kế,.. Các bộ tiêu chuẩn ĐHKK-TG được xây dựng trên cơ sở số liệu khí hậu, phù hợp với tình trạng kỹ thuật và đặc điểm tiện nghi của từng quốc gia,.. để phục vụ cho công tác thiết kế, thẩm tra. Bộ tiêu chuẩn của Việt nam được biên soạn phụ thuộc nhiều vào nguồn tài liệu nước ngoài và do tình trạng công nghệ chưa phát triển nên thực sự còn sơ sài và lạc hậu, thiếu những chỉ dẫn kỹ thuật phù hợp với sự phát triển của ngành xây dựng hiện nay. Hiện nay trong công tác thiết kế ĐHKK-TG có thể tham khảo các tiêu chuẩn và tài liệu sau:

a. Phần điều hòa không khí - thông gió

- QCVN 02:2009/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.
- QCVN 09:2013/BXD – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng có hiệu quả
- TCVN 4318:2012 - Hệ thống tài liệu thiết kế xây dựng - Sưởi, thông gió - Bản vẽ thi công.
- TCVN 5687:2010 - Thông gió - điều tiết không khí - sưởi ấm - Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCVN 4605:1988 - Kỹ thuật nhiệt - kết cấu ngăn che - Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCXD 232:1999 - Hệ thống thông gió, điều hòa không khí và cấp lạnh - Chế tạo, lắp đặt và nghiệm thu.

- QCVN 06:2010/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn cháy cho nhà và công trình.
- 2007ASHRAE Handbook – HVAC Applications (The American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineering Handbook).
- ARI Standard 550/590 – 2003 (Air-conditioning and Refrigeration Institute) :
Performance Rating of Water- chilling PackagesUsing the Vapor Compression Cycle
- AHRI Standard 340/360 – 2007 (Air-conditioning , Heating, and Refrigeration Institute):*Performance Rating of Commercial and Industrial Unitary Air-Conditioning and Heat Pump Equipment*
- AHRI Standard 210/240 – 2008 (Air-conditioning , Heating, and Refrigeration Institute) :*Performance Rating of Unitary Air-Conditioning &Air-Source Heat Pump Equipment*
- HVAC Equations,Data,and Rules of Thumb.
Arthur A.Bell, JR. Mc Graw Hill Com., Inc. USA 2008
- Energy- Efficient Building Systems -*Mc Graw Hill Com.,Inc, USA 2007*
- Tabellenbuch Waeme- Kaelte- Klima Technik -*Europa – Germany 2005*
- HVAC Systems Duct Design SMACNA Edition (Sheet Metal and Air-conditioning Contractor National Association Inc.).
- CIBSE - Section 2 (Ventilation and Air-conditioning Requirement).
- ASTM (American Standard Material - A53, A366, B280)
- Catalog kỹ thuật của hãng điều hoà không khí (DAIKIN, YORK, CARRIER, TRANE, CLIMAVENETA,LIEBERT, MIDEA, SMARDT)

b. Phần điện:

- QCVN 08:2010/BCT- Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về kỹ thuật điện.
- QCVN 04:2009/BKHCN- Quy chuẩn quốc gia về an toàn đối với thiết bị điện và điện tử.
- Quy phạm trang bị điện. Bộ Công nghiệp ban hành theo quyết định số 19/2006 /QĐ-BCN ngày 11/7/2006.
- TCVN 9207:2012- Đặt đường dây dẫn điện trong nhà ở và công trình công cộng - Tiêu chuẩn thiết kế.
- TCVN 333:2005- Thiết kế hệ thống cấp điện theo tiêu chuẩn IEC và hệ thống chiếu sáng thiết kế theo tiêu chuẩn chiếu sáng nhân tạo bên ngoài các công trình công cộng và hạ tầng đô thị.
- TCVN 4675:1989 - Quy phạm nối đất, nối không các thiết bị điện.
- Hệ tiêu chuẩn BS của Anh BS 3207:1995 Hướng dẫn sử dụng hiệu quả năng lượng trong nhà và công trình.

- Tiêu chuẩn IEC (International Electric Technical Commission).
- Tiêu chuẩn an toàn điện của Mỹ, NEC (National Electrical Code 1996).

c. Phần điện nhẹ:

- TCN 68-132:1998 - Cấp thông tin kim loại dùng cho mạng điện thoại nội hạt - Yêu cầu kỹ thuật.
- TCN 68-161:1996 - Tiêu chuẩn phòng chống ảnh hưởng của đường dây điện lực đến hệ thống thông tin.
- TCN 68-149:1995 - Thiết bị thông tin - Các yêu cầu chung về môi trường khí hậu.
- Chuẩn hệ thống cáp mạng CAT6 - ISO 11801:2002.
- Chuẩn hệ thống cáp điện thoại CAT5e - ISO 11801:2002.
- IEC: International Electric Technical Commission (IEC 268, 364, 449, 1140, 1200).
- ITU: International Telecommunication Union.
- IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Telecoms outside plant – 1996.

Ngoài các tiêu chuẩn trên, trong công tác thiết kế ĐHKK – TG còn sử dụng phần mềm tính Phụ tải lạnh công trình (TRACE , DAIKIN ,...) và các tiêu chuẩn sản xuất chuyên ngành : Máy biến áp , thang máy , bơm nước , động cơ điện, tháp giải nhiệt ..cho trong các tài liệu của các nhà sản xuất để tính toán tiêu thụ điện trong công trình.

4. TÀI LIỆU THAM KHẢO

4.1. Điều hòa không khí – Thông gió

Dưới đây là một số bảng trích dẫn ASHRAE(Nguồn :York- International) áp dụng cho thiết kế định hướng và thẩm tra các chỉ tiêu kỹ thuật hệ thống ĐHKK- TG đảm bảo điều kiện vi khí hậu trong công trình .

Bảng 3: Yêu cầu thông gió trong công trình

Phòng/ Loại tòa nhà	Số lần thay đổi không khí / giờ
Phòng tắm, (nhà ở)	6 lít / s (quạt hút)
Phòng họp, phòng hội nghị	6-10 lần/h
Cảng tin	8-12 lần/h
Rạp chiếu phim	6-10 lần/h
Nhà ăn, nhà hàng	10-15 lần/h
Phòng thí nghiệm	4-15 lần/h
Tiệm giặt	10-15 lần/h
Thư viện, bảo tàng,	3-4 lần/h
Văn phòng	4-6 lần/h
Trường học	Ít nhất 8,3 lít / s cho mỗi người
Nhà hát	6-10 lần/h

Bảng 4: Yêu cầu thông gió hạn chế nồng độ CO2

Phạm vi công việc	Yêu cầu thông gió tối thiểu / (lít/s, người)
-------------------	--

	0.5% CO ₂ giới hạn	0.25% CO ₂ giới hạn
Ngồi tại chỗ	0.8	1.8
Công việc nhẹ	1.3-2.6	2.8-5.6
Công việc vừa phải	2.6-3.9	-
Công việc nặng nhọc	3.9-5.3	-
Công việc rất nặng nề	5.3-6.4	-

Bảng 5: Yêu cầu cung cấp không khí ngoài cho khu vực yên tĩnh

Khu vực	Yêu cầu cung cấp không khí ngoài (lít/s. người)
Không hút thuốc	8
Hút thuốc ít	16
Hút thuốc nhiều	24
Hút thuốc rất nhiều	32

Bảng 6: Vận tốc không khí theo độ ồn cho phép

Vị trí	Vận tốc tối đa m/s
Ống cấp/hút chính	3.2
Ống nhánh cấp/hút	2.7
Vận tốc cấp gió: - Cửa cấp phòng khách - Cửa cấp phòng ngủ	2.2 1.8

Bảng 7: Yêu cầu cung cấp không khí ngoài cho không gian ĐHKK

Loại không gian	Hút thuốc	Cung cấp không khí ngoài (l/s)		
		Yêu cầu	Tối thiểu (Lấy giá trị lớn hơn)	
		mỗi người	mỗi người	m ² sàn
Nhà máy	Không			0.8
Văn phòng (mặt bằng mở)	ít			1.3
Cửa hàng, kho hàng và siêu thị	ít	8	5	3.0
Nhà hát	ít			-
Phòng khiêu vũ	ít			-
P. ngủ khách sạn	Nhiều			1.7
P. thí nghiệm	ít			-
Văn phòng (tư nhân)	Nhiều	12	8	1.3
Residences (trung bình)	Nhiều			-
Nhà hàng (quán cà phê)	ít			-
Tiệm cocktail	Nhiều			-
P. hội nghị (trung bình)	ít			-
Residences (sang trọng)	Nhiều	18	12	-
Nhà hàng (phòng ăn)	Nhiều			-
Phòng Hội đồng Quản trị, văn phòng điều hành và phòng hội nghị	Rất nhiều	25	18	6.0
Hành lang				1.3
Bếp (Gia đình)	Cơ sở bình quân đầu người là không phù hợp			10.0
Bếp (nhà hàng)				20.0
Nhà vệ sinh				10.0

Bảng 8: Lọt khí quakhe cửa sổ

Loại cửa sổ	Hệ số lọt khí do chênh áp 1Pa - C/lít/s.m
Cửa quay ngoài nhà ,theo chiều ngang / chiều dọc	0.05
Cửa quay trong nhà ,theo chiều ngang / chiều dọc	0.25
Cửa trượt ngoài nhà ,theo chiều ngang / chiều dọc	0.125
Cửa trượt trong nhà ,theo chiều ngang / chiều dọc	0.25

Bảng 9: Vận tốc qua cửa gió hồi

Vị trí cửa gió hồi	Vận tốc m/s
Khu vực có người ở	>4
Không gần chỗ có người	3-4
Gần chỗ có người	2-3
Cửa hoặc cửa chớp	1-1.5
Qua khoảng hở cửa	1-1.5

Bảng 10: Vận tốc nước giới hạn trong đường ống

Đường kính ống mm	Ống thép		Ống đồng m/s
	Nước không ăn mòn - m/s	Nước ăn mòn- m/s	
≤50	1.5	1	1
> 50	3	1.5	1.5
Đường ống chính dài , thẳng	4	2	-

Bảng 11: Vận tốc nước tối thiểu trong đường ống

Đường kính ống mm	Vận tốc nước tối thiểu m/s
≤50	0.75
> 50	1.25

Bảng 12: Bảng tham khảo công suất lạnh đơn vị (ASHRAE-Hoa kỳ)

Phân loại	Mật độ người m ² /người			CS Lạnh W/m ²			Lưu lượng không khí l/s*m ²								
							Đông-Nam-Tây			Bắc			Ổ giữa		
	Thấp	TB	Cao	Thấp	TB	Cao	Thấp	TB	Cao	Thấp	TB	Cao	Thấp	TB	Cao
Căn hộ cao cấp	30.2	16.3	9.3	84	94	109	4.1	6.1	8.6	2.5	4.1	8.6	0.0	0.0	0.0
Thính phòng, nhà thờ, rạp hát	1.4	1.0	0.6	94	152	416	-	-	-	-	-	-	5.1	10.2	15.2
Trường học, cao đẳng, đại học	2.8	2.3	1.9	159	204	250	10.2	8.1	11.2	4.6	6.6	10.2	4.1	6.1	9.7
Nhà máy															
Khu lắp ráp	4.6	3.3	2.3	159	250	416	-	-	-	-	-	-	10.2	18.3	27.9
Công nghiệp nhẹ	18.6	13.9	9.3	189	250	385	-	-	-	-	-	-	8.1	12.7	19.3
Công nghiệp nặng	27.	23.2	18.6	385	476	625	-	-	-	-	-	-	12.7	20.3	33.0
Bệnh viện															
Phòng bệnh nhân	7.0	4.6	2.3	137	172	227	5.1	7.6	10.	4.1	6.1	7.1	3.6	5.1	5.6
Khu vực công cộng	9.3	7.4	4.6	217	270	345	5.1	6.4	7.4	5.1	5.6	6.1	4.8	5.1	5.6
Khách sạn, nhà nghỉ, Ký túc xá	18.6	13.9	9.3	110	127	172	5.1	7.1	7.6	4.6	6.1	7.1	-	-	-
Thư viện, viện bảo tàng	7.4	5.6	3.7	111	135	189	5.1	8.1	10.7	4.6	5.6	6.6	4.6	5.1	5.6
Tòa nhà văn phòng	12.1	10.2	7.4	105	135	189	5.1	8.1	11.	4.6	6.6	10.2	4.1	5.1	6.1
Văn phòng tư nhân	13.9	11.6	9.3	-	-	-	6.1	9.1	12.	5.6	7.6	9.1	4.1	6.1	7.1
Văn thư	9.3	7.9	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	6.6	10.2
Nhà dân															
lớn	55.7	37.2	18.6	63	75	100	4.1	6.1	8.1	2.5	4.1	6.6	-	-	-
TB	55.7	33.4	18.6	54	69	94	3.6	5.6	7.1	2.5	3.6	6.1	-	-	-
Nhà hàng															
Lớn	1.6	1.4	1.2	277	385	476	9.1	12.	19.	6.1	8.1	11.	4.6	5.6	7.1
Trung bình	-	-	-	250	313	385	7.6	10.	15.	5.6	7.1	9.1	4.6	5.1	6.6
Cắt tóc, Mỹ viện	4.2	3.7	2.3	159	238	357	7.6	13.	21.	5.6	8.6	13.	4.6	6.6	10.2

Gian hàng															
Tầng hầm	2.8	2.3	1.9	111	133	169	-	-	-	-	-	-	3.6	5.1	6.1
Tầng chính	4.2	2.3	1.5	109	154	250	-	-	-	-	-	-	4.6	7.1	10.2
Tầng trên	7.0	5.1	3.7	94	111	135	-	-	-	-	-	-	4.1	5.1	6.1
Cửa hàng quần áo	4.6	3.7	2.8	110	135	204	4.6	6.1	8.1	3.6	5.1	7.1	3.0	4.1	5.6
Cửa hàng thuốc	3.3	2.1	1.6	208	278	345	9.1	11.7	15.2	5.1	7.1	9.1	3.6	5.1	6.6
Cửa hàng mũ	4.6	4.0	2.8	120	141	204	5.1	6.6	9.7	3.6	5.1	7.6	3.0	4.1	6.1
Cửa hàng giày	4.6	2.8	1.9	127	172	250	6.1	8.1	10.7	5.1	7.1	9.1	4.1	5.1	6.1
Đại siêu thị	9.3	7.0	4.9	104	164	238	-	-	-	-	-	-	5.6	9.1	12.7
<i>Trạm cấp lạnh/sưởi ấm</i>															
Khu đô thị				80	100	133									
Trường CD				94	118	159									
TT Thương mại				115	143	189									
Khu nhà dân				60	76	101									

4.2. Chỉ số hiệu quả làm lạnh máy ĐHKK

Bảng 13. cho biết chỉ số COP/EER của máy ĐHKK ở 100% tải theo tiêu chuẩn Việt Nam và chỉ số tiêu thụ điện trung bình năm CSPF (Cooling Seasonal Performance Factor) để tính tiêu thụ điện trong 1 năm của máy ĐHKK. Ví dụ: với máy ĐHKK-3 sao (***) có chỉ số COP = 3,00 và chỉ số CSPF = 3,1.

Bảng 13. Nhân năng lượng máy ĐHKK theo TCVN 7830–2012

TT	Năng suất lạnh(Q) BTU/h–kW	Thông số	Đơn vị	Nhân năng lượng máy ĐHKK (Số sao)				
				*	**	***	****	*****
1	Q < 15000/4,5	COP/EER	kW/kW	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40
		CSPF	kW/kW	2,69	2,90	3,10	3,31	3,52
2	15000/4,5	COP/EER	kW/kW	2,50	2,70	2,90	3,10	3,30
	≤ Q < 24000/7,0	CSPF	kW/kW	2,59	2,80	3,00	3,21	3,42
3	24000/7,0	COP/EER	kW/kW	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20
	≤ Q < 48000/14	CSPF	kW/kW	2,49	2,69	2,90	3,11	3,32

4.3. Chỉ số hiệu quả làm lạnh của chiller

Bảng 14. đưa ra chỉ số hiệu quả làm lạnh của chiller (tiêu chuẩn Hoa kỳ)

Bảng 14. Bảng chỉ số hiệu quả làm lạnh của Chiller

(Nguồn: HVAC Equations, Data and Rules of Thumb – 2008 USA)

Loại Chiller	Công suất lạnh (RT)	PIC (1) (kW/RT)	COP (1) (kW/kW)	Khả năng giảm tải (%)	Môi chất lạnh	Ghi chú
Chiller Ly tâm (Centrifugal) giải nhiệt nước						
Carrier	200–1500	0,55 – 0,62	5,66– 6,39	10	134a	3
McQuay	250–2400	0,50 – 0,60	5,85– 7,02	10	134a	4
Trane	200–2000	0,45 – 0,55	6,39– 7,80	10	123	3
	1500– 4000	0,45 – 0,55	6,39– 7,80	10	123	4
York	200–2400	0,50 – 0,60	5,85– 7,02	10	134a	3
	2000–6000	0,50 – 0,60	5,85–7,02	10	134a	4
Chiller Ly tâm (Centrifugal) giải nhiệt nước– có biến tần						
Carrier	200 – 800	0,55 – 0,62	5,66– 6,39	10	134a	3
McQuay	125 – 1250	0,50 – 0,60	5,85– 7,02	10	134a	3
Trane	200 – 1500	0,45 – 0,55	6,39– 7,80	10	123	3
York	200 – 1475	0,50 – 0,60	5,85– 7,02	10	134a	3
Chiller trục vít (Screw) giải nhiệt gió						
Carrier	75 – 455	1,13 – 1,25	2,80– 3,10	6 – 15	134a	
McQuay	110 – 500	1,15 – 1,25	2,80– 3,05	15	134a	
Trane	140 – 500	1,05 – 1,16	3,03– 3,34	15	134a	
	70 – 125	1,05 – 1,13	3,11– 3,34	20	22	2
York	150 – 500	1,15 – 1,20	2,93– 3,05	15	134a	

Chiller trục vít (screw) giải nhiệt nước						
Carrier	300 – 500	0,55 – 0,62	5,66– 6,39	10	134a	6
	75 – 265	0,69 – 0,72	4,88– 5,09	13 – 20	134a	
McQuay	120 – 190	0,54 – 0,70	4,93– 6,50	15	134a	
Trane	140 – 450	0,58 – 0,70	5,02– 6,05	15	134a	
	70 – 125	0,74 – 0,76	4,62– 4,75	20	22	2
York	90 – 400	0,60 – 0,75	4,68– 5,85	15	22, 407C, 134a	
Chiller xoắn ốc (Scroll) giải nhiệt gió						
Carrier	60 – 390	0,84 – 0,91	3,87– 4,16	10 – 20	410C	
	10 – 55	1,19 – 1,25	2,80– 2,96	15 – 30	22	2
McQuay	10 – 130	1,20 – 1,25	2,80– 2,93	15 – 30	22, 407C	
Trane	10 – 60	1,05 – 1,20	2,93– 3,34	25, 50	22	2
York	15 – 130	1,00 – 1,15	3,05– 3,51	20	22, 407C	
Chiller xoắn ốc (Scroll) giải nhiệt nước						
Carrier	-	-	-	-	-	
McQuay	30 – 120	0,77 – 0,78	4,50– 4,55	25	22	2
Trane	20 – 60	0,77 – 0,78	4,50– 4,56	25, 50	22	2
York	-	-	-	-	-	

Ghi chú: PIC (Power Input per Capacity) và COP là chỉ số hiệu quả máy làm lạnh nước (Chiller) khi chạy 100% tải.

1. Giá trị này phụ thuộc vào điều kiện khí hậu bên ngoài và loại môi chất lạnh (MCL),
 $PIC = 1/COP (kW/kW)$

2. MCL R22 sẽ được thay thế bằng R 134a vào năm 2040 ở Việt Nam

3. Chiller ly tâm 1 máy nén

4. Chiller ly tâm 2 máy nén

5. Chiller ly tâm 2 máy nén và 2 vòng tuần hoàn MCL

Chiller trục vít có biến tần VSD (Variable Speed Drive)

4.4. Động cơ điện

Bảng 15 giới thiệu các thông số kỹ thuật của động cơ điện xoay chiều làm cơ sở cho việc tính toán tiêu thụ điện của các thiết bị: bơm nước, quạt thông gió, thang máy,...

Bảng 15. Thông số kỹ thuật của động cơ điện xoay chiều

ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU-CẤP F-IP54 (*)						
Công suất		Hiệu suất (%)			Dòng điện (A)	
HP(**)	kW	100% tải	75% tải	50% tải	220V	380V
Động cơ 2 cực-2900Vg/phút-50Hz						
0,25	0,18	60,8	59,5	55	1,08	0,62
0,50	0,37	71	69,5	64	1,66	0,96

1,00	0,75	74	72,5	70	3,11	1,8
1,50	1,1	74	73	70	4,55	2,63
2,00	1,5	77,8	77	75,5	5,72	3,31
3,00	2,2	80	78,5	76,5	8,3	4,81
4,00	3	80,8	80	78	11,2	6,49
5,00	3,7	83	84	81	13,6	7,87
5,50	4	84,8	83,5	81,5	14,1	8,15
7,50	5,5	84,8	84	82	19,6	11,4
10,00	7,5	85,5	84,8	82	26,4	15,3
15,00	11	87,7	86,5	84,8	38,9	22,1
20,00	15	88	87	86	50,7	29,4
25,00	18,5	88	87,5	86	62,6	36,3
30,00	22	89	88	86,5	72,8	42,2
40,00	30	89,5	88,5	87	98,8	57,2
50,00	37	91	90,2	88	119	68,7
60,00	45	91	90,2	88,5	145	84
75,00	55	92,1	90,9	89	175	102
100,00	75	92,8	91,5	90	238	138
105,00	78	92	92	91	249	144
125,00	90	92,8	91,5	90	285	165
150,00	110	92,8	91,5	90,7	349	202
175,00	132	93,3	92,1	90,7	413	239
200,00	150	93,3	92,1	90,7	470	271
250,00	185	93,3	92,1	90,7	579	335
Động cơ 4 cực-1450Vg/phút-50Hz						
0,25	0,18	62	60,5	55,5	1,13	0,67
0,50	0,37	66	64,5	60,5	2,02	1,17
1,00	0,75	71	69,5	66,5	3,7	2,14
1,50	1,1	74	73	69	5,07	2,94
2,00	1,5	75,5	74	71	6,39	3,7
3,00	2,2	81,5	80,8	78,5	8,77	5,08
4,00	3	83,3	82,5	80	11,6	6,72
5,00	3,7	84	84	83	14,5	8,41
5,50	4	84,8	83,5	81,5	15,1	8,74
7,50	5,5	86	84,8	82,5	20,6	11,9
10,00	7,5	86	85,5	83	27,2	15,7
15,00	11	88	87,5	85,5	39	22,6
20,00	15	88,5	88	86	53	30,7
25,00	18,5	89,5	88,5	86,5	63,9	37

30,00	22	90,2	89,5	87,5	74,9	43,4
40,00	30	91	90,2	88	101	58,5
50,00	37	91,7	91	89	122	70,9
60,00	45	92,4	91,7	90,2	148	85,5
75,00	55	92,8	91,4	90	181	105
100,00	75	93,3	92,1	90	242	140
105,00	78	93	92	92	253	146
125,00	90	93,3	92,1	90,7	291	168
150,00	110	93,3	92,1	90,7	355	205
175,00	132	94	92,8	90,7	423	245
200,00	150	94	92,8	90,7	482	278
250,00	185	94	92,8	90,7	592	343

Ghi chú : (*) - Cách điện cáp F, Cấp chống bụi 5, cấp chịu nước 4

(**) - Sức ngựa 1HP= 0,75 kW

4.5. Hiệu suất bơm ly tâm

Bơm ly tâm sử dụng trong công trình chủ yếu là loại bơm trục ngang một cửa hút, hai cửa hút và bơm trục đứng. Tùy theo phạm vi lưu lượng và cột áp, hiệu suất của bơm ly tâm thay đổi trong phạm vi rộng. Hiệu suất bơm bao gồm hiệu suất thủy lực bơm và hiệu suất động cơ điện, để đạt lưu lượng và cột áp cần thiết có thể chọn đầu bơm và động cơ điện bằng phần mềm chọn bơm Grundfoss có hiệu suất lớn nhất. Trong hệ thống cấp nước lưu lượng thay đổi có thể sử dụng biến tần để điều khiển tốc độ và công suất động cơ bơm phù hợp với yêu cầu lưu lượng và cột áp của hệ thống, đem lại hiệu quả tiết kiệm năng lượng. Bảng 16, cho biết phạm vi hiệu suất của một số kiểu máy bơm sử dụng trong công trình.

Bảng 16. Hiệu suất bơm ly tâm

Bơm ly tâm	Lưu lượng m ³ /h	Cột áp m	Hiệu suất máy bơm, %
Trục ngang 1 cửa hút	100-500	30 – 60	65 - 80
Trục ngang 2 cửa hút	200 - 500	30 - 60	65 - 82
Bơm ly tâm trục đứng	80- 500	20- 60	60 -72

4.6. Hiệu suất quạt

Quạt sử dụng trong hệ thống ĐHKK-TG chủ yếu là quạt ly tâm và hướng trục :

- Quạt ly tâm có thể nối trực tiếp với động cơ, khi qua bộ truyền đai có thể thay đổi tốc độ phù hợp với yêu cầu cột áp và lưu lượng. Đường đặc tuyến H (Pa)-Q(m³/s) của quạt ly tâm không quá dốc nên có thể điều chỉnh Lưu lượng - cột áp bằng van gió.

Cột áp hút của quạt ly tâm tương đối cao nên có thể sử dụng tốt hơn cho hệ thống hút khí.

-Quạt trục có đường đặc tuyến H-Q quá dốc nên rất khó điều chỉnh Lưu lượng – Cột áp bằng van gió, vì vậy có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi góc nghiêng cánh. Do đặc tính áp suất phía đầu hút thấp và không ổn định nên quạt trục không phù hợp với hệ thống hút tạo áp lực âm, nên quạt trục thường sử dụng trong hệ thống đẩy do kích thước quạt nhỏ gọn và giá thành thấp.

Sử dụng phần mềm của Wolter hoặc Fantech có thể chọn model quạt đáp ứng yêu cầu lưu lượng – cột áp với hiệu suất tốt nhất.

Trong hệ thống thông gió có lưu lượng thay đổi, sử dụng biến tần- VSD có thể điều khiển thông số cột áp và lưu lượng một cách linh hoạt, tiết kiệm năng lượng. Bảng 17 giới thiệu phạm vi công suất của các loại quạt ly tâm và quạt trục.

Bảng 17. Hiệu suất quạt

Loại quạt	Lưu lượng m^3/s	Áp suất tĩnh Pa	Hiệu suất tổng %
<i>Quạt ly tâm</i>			
Áp suất thấp :			
-Truyền động trực tiếp	0,05 – 26,0	130-3900	50 – 80
-Truyền động đai	0,45 – 100,0	300 - 4500	50 - 80
Áp suất vừa :			
-Truyền động trực tiếp	0,12 – 15,0	800-5700	50 – 80
- Truyền động đai	0,15 – 100,0	500 - 10000	50 - 80
Áp suất cao :			
-Truyền động đai	0,12 – 6,5	5000-15000	50 – 80
<i>Quạt hướng trục</i>	0,4 – 70	40 - 1000	50 - 75

4.7. Hiệu suất thiết bị đun nước nóng

Trong công trình có nhu cầu Nhiệt- Lạnh đồng thời cần xác định tổng tiêu thụ nhiệt của tòa nhà (cấp nước nóng, sưởi ấm ..) để có thể chọn giải pháp thu hồi nhiệt chi phí thấp từ hệ thống ĐHKK. Trong công trình hệ thống cấp nước nóng có thể sử dụng các nguồn nhiệt khác nhau: đun nước nóng bằng điện/ dầu /gas / than/ năng lượng mặt trời/ bơm nhiệt/thu hồi nhiệt từ máy điều hòa không khí. Vì vậy tiêu thụ năng lượng của hệ thống đun nước nóng cần tính quy đổi thành tiêu thụ điện (kWh) .

Bảng 18. Hiệu suất tối thiểu của thiết bị đun nước nóng

Loại thiết bị	Hiệu suất tối thiểu E_T , %
1. Các bộ đun, trữ nước dùng khí đốt	78

2. Các bộ đun nước tức thời dùng khí đốt	78
3. Các bộ đun, cung cấp nước nóng dùng khí đốt	77
4. Các bộ đun, cung cấp nước nóng dùng dầu	80
5. Các bộ đun, cung cấp nước nóng dùng cả nhiên liệu khí đốt/dầu	80
6. Lò hơi công suất nhiệt 10÷350 kW đốt củi, giấy	60 ^{*)}
7. Lò hơi công suất nhiệt 10÷2000 kW đốt than nâu đóng bánh	70 ^{*)}
8. Lò hơi công suất nhiệt 10÷2000 kW đốt than đá	73 ^{*)}
Chú thích: 1. Hiệu suất tối thiểu của bộ đun nước dùng khí đốt hoặc dầu được đưa ra dưới dạng đại lượng Hiệu suất nhiệt (Thermal Efficiency, E_T , trong đó bao gồm cả thất thoát nhiệt từ các ngăn của bộ đun. 2. ^{*)} Theo DIN 4702- Phần 1 (DIN – Tiêu chuẩn của Đức).	

Bảng 19. Bảng thống kê tiêu thụ điện tương đương của hệ thống đun nước nóng

TT	Loại máy	Tiêu thụ năng lượng	Số lượng (cái)	Số giờ sử dụng (h/năm)	Tổng tiêu thụ điện trong năm (kWh/năm)
1	Đun nước nóng bằng điện lưới (kW)				
					+
2	Đun nước nóng bằng dầu(lít/ngày) – kWh/ngày				
					+
3	Đun nước nóng bằng gas LPG (kg/ngày) – kWh/ngày				
					+
4	Đun nước nóng bằng than (kg/ngày)- kWh/ngày				
5	Đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời – kWh/ngày				
					-
6	Máy đun nước nóng bơm nhiệt – kWh/ngày				
					+
7	Máy ĐHKK thu hồi nhiệt đun nước nóng – kWh/ngày				

Nếu thiết bị đun nước nóng không có công tơ điện thì tiêu thụ điện tính như sau:

- Tiêu thụ điện đun nước nóng bằng điện lưới = Công suất điện × số lượng × số giờ sử dụng trong ngày x 365 ngày; kWh/năm.

- Tiêu thụ điện đun nước nóng bằng dầu, gas LPG, than = kWh/ngày × 365 ngày. kWh/năm.

- Tiêu thụ điện tương đương của bộ đun nước nóng bằng năng lượng mặt trời mang dấu âm (-) = kWh/ngày × 365 ngày, kWh/năm.

Ghi chú : Đun nóng 100 lít nước từ 25-55°C bằng bình đun mặt trời, tương đương sử dụng 3,5 kWh điện. Trong kiểm toán năng lượng giá trị này mang dấu (-).

- Tiêu thụ điện đun nước nóng bằng bơm nhiệt = Công suất điện × số lượng × số giờ sử dụng trong ngày x 365 ngày; kWh/năm.

- Tiêu thụ điện đun nước nóng bằng máy lạnh thu hồi nhiệt bao gồm:

+ Chế độ có sử dụng lạnh =(Công suất điện tổng – tiêu thụ điện chạy lạnh)× số lượng máy× số giờ chạy trong năm) kWh/năm.

+ Chế độ không sử dụng lạnh = Công suất điện tổng x số lượng máy× số giờ chạy trong năm kWh/năm.

5. CÔNG THỨC TÍNH TỔNG TIÊU THỤ ĐIỆN HỆ THỐNG ĐHKK-TG

5.1. Chỉ số tiêu thụ điện trung bình năm của chiller

Bảng 14. đã giới thiệu chỉ số COP và PIC của chiller chạy 100% tải, nhưng trong thời gian 1 năm chiller có thể chạy non tải khi điều kiện thời tiết thay đổi. ARI 550/590 - Hoa kỳ, đã đưa ra công thức tính chỉ số COP trung bình năm, chỉ số này cao hơn chỉ số COP 100% tải và phụ thuộc vào loại máy nén và thiết kế kỹ thuật của từng loại chiller. Đối với chiller (máy làm lạnh gián tiếp) không có thiết bị đo tiêu thụ điện năng có thể xác định chỉ số tiêu thụ điện trung bình năm IPLV (Intergrated Part Load Value) theo ARI 550/590-2003:

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

Trong đó A, B, C, D là chỉ số COP ở các mức phụ tải 100%, 75%, 50%, 25%, được nhà sản xuất máy lạnh cung cấp. Khi điều kiện nhiệt độ môi trường thấp hơn, chiller chạy non tải 75% - 50%, chỉ số COP tăng dẫn đến chỉ số IPLV lớn hơn COP ở 100% tải.

5.2. Chỉ số tiêu thụ điện trung bình năm của máy làm lạnh trực tiếp

Đối với máy làm lạnh trực tiếp, chỉ số hiệu quả máy lạnh trung bình năm IEER (Intergrated Energy Efficiency Ratio) được tính theo ARI 340/360- Hoa kỳ như sau :

$$\text{IEER} = 0,020A + 0,617B + 0,238C + 0,125D \quad \text{kW/kW} \quad (2)$$

Trong đó A, B, C, D là chỉ số EER ở các mức phụ tải 100%, 75%, 50%, 25%, được nhà sản xuất máy lạnh cung cấp. Chỉ số IEER lớn hơn chỉ số EER ở 100 % tải.

Trên cơ sở phương pháp tính tiêu thụ điện trung bình của máy lạnh và các thiết bị điện trong thời gian 1 năm có thể tính tổng tiêu thụ điện của hệ thống cơ-điện trong công trình theo công thức sau :

$$EC_{ht} = \sum_{i=1}^n Q_{2i} \cdot IPLV_i \cdot h_i + \sum_{i=1}^n P_i \cdot h_i \text{ kWh/năm}$$

Trong đó:

EC_{ht} – Tổng tiêu thụ điện của hệ thống cơ – điện trong 1 năm, kWh/năm.

Q_{2i} – Công suất lạnh của Chiller thứ i, RT.

$(IPLV)_i$ – Trị số tiêu thụ điện trung bình năm của Chiller thứ i, kW/kW, đối với máy làm lạnh trực tiếp sử dụng IEER.

h_i – Tổng số giờ vận hành của máy lạnh, bơm/quạt thứ i trong thời gian 1 năm.

P_i – Công suất điện của thiết bị thứ i (bơm, quạt, thiết bị điện..), kW

n - Số lượng thiết bị có trong hệ thống.

Tổng số giờ vận hành của hệ thống ĐHKK, thiết bị điện có thể cho trong nhật ký vận hành, data logger, hoặc số liệu tham khảo cho trong bảng 20.

Bảng 20. Bảng số giờ chạy ĐHKK tại Hà nội

Công trình	Số giờ chạy ĐHKK(tham khảo)
Nhà ga hàng không quốc tế	3000 ÷ 3500 h/năm
Trung tâm thương mại	1900 ÷ 3200 h/năm
Văn phòng, cơ quan hành chính	1900 ÷ 2680 h/năm

Hệ thống ĐHKK sử dụng Chiller hiện đại có thể in được báo cáo tiêu thụ điện từ thiết bị quản lý năng lượng của chiller. Bảng 21 tổng hợp số liệu thiết bị tiêu thụ điện trong hệ thống ĐHKK sử dụng chiller giải nhiệt nước .

Bảng 21. Bảng thống kê thiết bị điện trong hệ thống ĐHKK Chiller

TT	Công nghệ	Máy nén * (kW)	Bơm nước lạnh (kW)	Bơm nước giải nhiệt (kW)	Quạt tháp giải nhiệt (kW)	Quạt AHU (kW)	Quạt FCU (kW)	Số giờ vận hành (h/năm)	Tổng tiêu thụ điện trong năm (kWh/năm)
1	Không sử dụng biến tần (tính theo công suất định danh)	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Vận hành bằng biến tần (tính theo IPLV)	—	—	—	—	—	—	—	—

Ghi chú : (*)-Đối với chiller giải nhiệt gió thường cộng thêm công suất quạt dàn nóng nhưng không tính tiêu thụ điện của bơm giải nhiệt và tháp giải nhiệt.

Hệ thống ĐHKK sử dụng máy làm lạnh trực tiếp không có tháp giải nhiệt và bơm giải nhiệt nhưng phải cộng thêm công suất điện quạt làm mát dàn nóng. Bảng 22. thống kê thiết bị điện trong hệ thống ĐHKK làm lạnh trực tiếp.

Trong bảng 21.và 22. công suất của các thiết bị điện bơm, quạt .. được xác định bằng hai cách:

- Xác định theo công suất điện định danh kW ghi trên thiết bị;

- Đối với bơm, quạt,... điều khiển bằng biến tần (VSD) có thể ghi được giá trị kWh từ data logger, hoặc tính theo công thức IPLV, trong đó A, B, C, D là tiêu thụ điện của động cơ bơm, quạt,... khi chạy 100%, 75%, 50%, 25% lưu lượng ở cột áp thiết kế. Những giá trị này có thể xác định trên đồ thị đặc tuyến của bơm, quạt,... hoặc bằng phần mềm chọn thiết bị của các nhà cung cấp.

Bảng 22. Bảng thống kê thiết bị điện trong hệ thống ĐHKK sử dụng máy lạnh trực tiếp giải nhiệt bằng không khí

TT	Công nghệ	Máy lạnh		Quạt		Số giờ vận hành (h/năm)	Tổng tiêu thụ điện trong năm (kWh/năm)
		Máy nén (kW)	Quạt giải nhiệt (kW)	AHU (kW)	FCU (kW)		
1	Không sử dụng VSD (tính theo công thức định danh)	—	—	—	—	—	—
2	Vận hành bằng VSD (tính theo IPLV)	—	—	—	—	—	—

Ghi chú :- AHU – Air Handling Unit – Thiết bị xử lý không khí

-FCU – Fan Coil Unit - Giàn làm lạnh không khí

- Dựa trên bảng tổng hợp thiết bị 21.và22.có thể tính tổng tiêu thụ điện (kWh/năm) cho hệ thống ĐHKK chiller giải nhiệt nước và chiller giải nhiệt gió trong 2 trường hợp:

+ Thiết bị điều khiển công suất không sử dụng VSD, áp dụng công thức thu gọn :

$$EC_{ht} = \sum_{i=1}^n P_i h_i \text{ (kWh/năm)}$$

Trong đó P_i là công suất định danh/ h_i - số giờ vận hành thiết bị thứ i trong hệ thống ĐHKK.

+ Thiết bị điều khiển công suất vô cấp hoặc vận hành bằng biến tần, áp dụng công thức đầy đủ :

$$EC_{ht} = \sum_{i=1}^n Q_{2i} \text{ IPLV}_i h_i + \sum_{i=1}^n P_i h_i \text{ (kWh/năm)}$$

Trong đó: Q_{2i} là công suất lạnh;

IPLV/IEER- chỉ số tiêu thụ điện trung bình năm, kW/kW;

P_i - công suất điện trung bình năm tính theo công thức IPLV.

- Hệ thống ĐHKK – VRF/VRV: Thiết bị điều khiển hệ thống VRF/VRV có chức năng điều khiển và tính tiêu thụ điện nên có thể xác định được tiêu thụ điện của thiết bị nhờ hệ thống quản lý.

5.3. Phân tích chỉ số hiệu quả làm lạnh chiller

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 40% chiller có dầu trước đây.

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 $COP = 6,0 \div 7,18 \text{ kW/kW}$, cao hơn COP Chiller trục vít giải nhiệt nước ($4,96 \div 5,77 \text{ kW/kW}$) khoảng 20%.
- COP chiller trục vít giải nhiệt nước cao hơn COP Chiller trục vít giải nhiệt gió ($2,93 \div 3,18 \text{ kW/kW}$) khoảng 70%.
- COP chiller Scroll giải nhiệt nước $COP = 4,5 \div 4,55 \text{ kW/kW}$, cao hơn COP Chiller scroll giải nhiệt gió ($3,1 \div 3,38 \text{ kW/kW}$) khoảng 40%.

Chiller ly tâm giải nhiệt nước có COP cao hơn COP chiller giải nhiệt gió là do cách tính không thống nhất và điều kiện làm mát khác nhau như sau:

- + COP chiller giải nhiệt nước không tính tiêu thụ điện của bơm và quạt tháp giải nhiệt
- + COP chiller giải nhiệt gió có tính tiêu thụ điện quạt làm mát dàn ngưng
- + Nhiệt độ nước làm mát thấp hơn nhiệt độ không khí.
- + Hệ số truyền nhiệt ($\text{kW/m}^2.\text{K}$) của thiết bị làm mát bằng nước cao hơn không khí

5.3.1. Chiller ly tâm vòng bi

Hiện nay phần lớn Chiller ly tâm đều sử dụng gối đỡ trục kiểu vòng bi sử dụng dầu bôi trơn hòa tan trong môi chất lạnh. Do gối đỡ kiểu vòng bi đã hạn chế tốc độ máy nén ly tâm, sau thời gian vận hành dầu bôi trơn bị phân hủy làm biến chất môi chất lạnh, nhiễm bẩn bề mặt trao đổi nhiệt và gây hư hỏng cách điện động cơ Chiller. 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 gối đỡ trục kiểu vòng bi và dầu bôi trơn hiện nay có COP không quá 7,8 kW/kW ở 100% tải.

Bảng 23. 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

5.3.2. Chiller ly 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 đạt tốc độ 40 000 v/phút và tăng chỉ số COP khi chạy non tải. Do không cần dầu bôi trơn đã giải thoát những khó khăn về việc bôi trơn cho Chiller vòng bi trước đây.

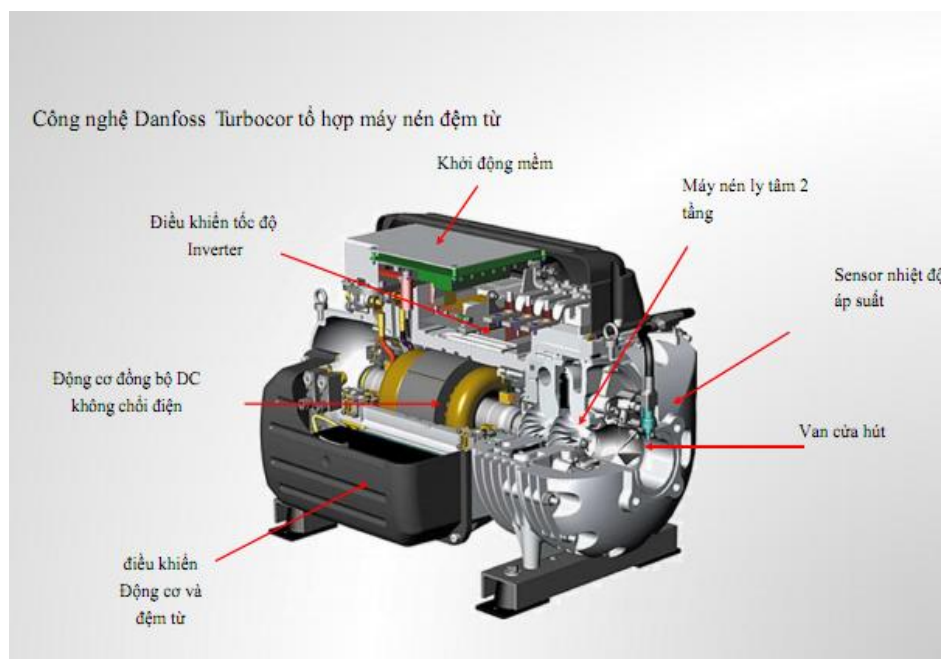
- Gói đỡ đệm từ giữ cho trục máy nén tốc độ cao lơ lửng trong không khí nên gần như không có ma sát, động cơ biến tần điều khiển tốc độ máy nén 2 cấp đáp ứng chính xác phụ tải lạnh hệ thống ĐHKK. Bảng 1.24 cho biết tỷ lệ tổn thất năng lượng trong các loại máy nén ly tâm.

- 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 giữa nước làm mát và bề mặt trao đổi nhiệt.

- Độ rung động thấp trong mọi điều kiện hoạt động, và không còn tiếng ồn do không có vòng bi.

Bảng 24. So sánh tổn thất năng lượng các loại máy nén ly tâm [3]

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

- Gói đỡ đệm từ chỉ tạo 30% tổn thất ma sát so với vòng bi cơ khí
- Loại bỏ chi phí của hệ thống quản lý dầu (bộ điều khiển, bơm dầu, gia nhiệt dầu...)
- Tăng tuổi thọ thiết bị nhờ loại bỏ hư hỏng vòng bi và hệ thống dầu bôi trơn ...

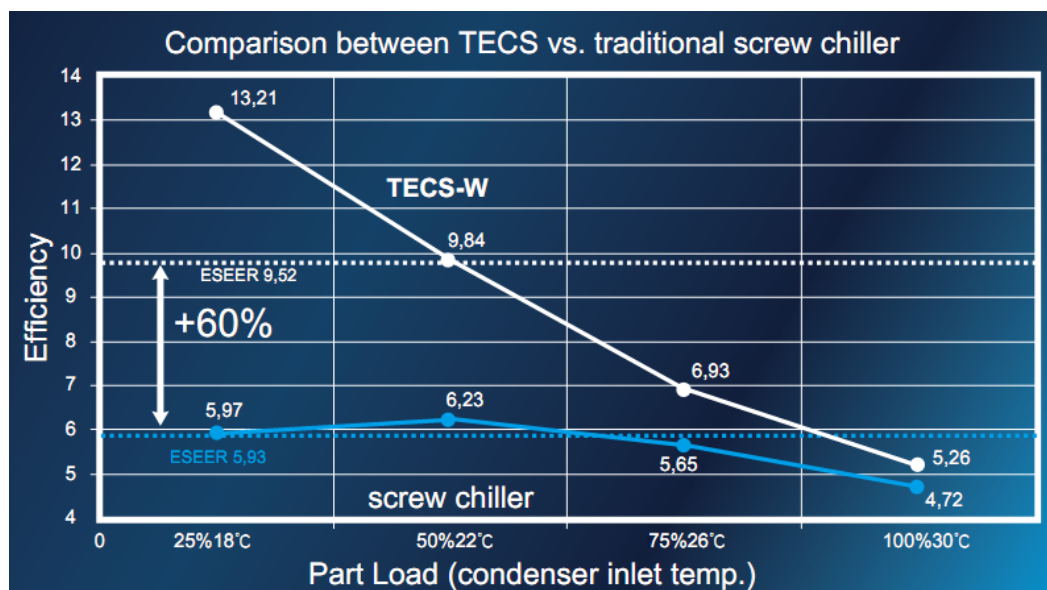
- Tốc độ máy nén cao nên kích thước và trọng lượng máy nén chiller được thu nhỏ.

Bảng 1.25 giới thiệu các thông số kỹ thuật của máy nén đệm từ Turbocor, máy nén đệm từ 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 25. Thông số kỹ thuật máy nén đệm từ Turbocor

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

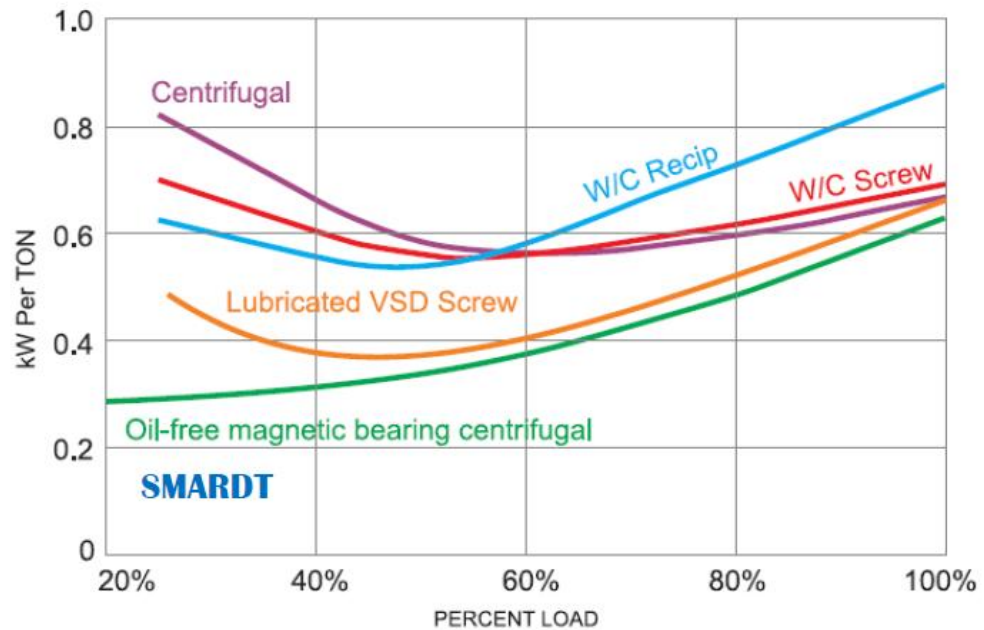
So sánh Chiller ly tâm đệm từ với Chiller trục vít vòng bi (Hình 2) có thể thấy khi chạy non tải COP Chiller ly tâm đệm từ liên tục tăng từ 5,26 lên 13,21 kW/kW , Chiller trục vít vòng bi chỉ tăng COP đến mức 50% tải, sau đó giảm dần.



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

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

- 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 3. Chỉ số tiêu thụ điện các loại Chiller

5.3.3. Điều kiện vận hành Chiller ở Việt Nam

Theo ARI ,trong công thức $IPLV = 0,01*A + 0,42*B + 0,45*C + 0,12*D$ (kW/kW)
 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 được xây
 dựng dựa trên sự làm tròn và hợp lý hóa số liệu khí hậu của 29 thành phố có Chiller
 vận hành trong 25 năm trên toàn lãnh thổ Hoa kỳ. Đây là phương pháp xây dựng công
 thức rất khoa học, có tính thực tiễn và tổng quát nên không cần chính xác cho từng
 khu vực trong một quốc gia.

Theo phương pháp của ARI, công thức chỉ số hiệu quả làm lạnh trung bình năm ở
 châu Âu ESEER (European Seasonal Enerergy Efficiency Ratio) :

$$ESEER = 0.03*A + 0.33*B + 0.41*C + 0.23* D \text{ (kW/kW)} \quad (3)$$

Khi chạy ở chế độ 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 (3) khác với công thức (2) 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 tốt nhất cho hệ
 thống ĐHKK.

Bảng 26. 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:

- Vào mùa nóng, ARI quy định nhiệt độ không khí làm mát đến 35°C và nước làm mát đến 30°C, nhưng ở Hà nội và TP Hồ chí Minh nhiệt độ không khí >35°C chiếm tỷ trọng khoảng 0,6 % và nhiệt độ nước ra khỏi tháp giải nhiệt lớn hơn 32°C. Tỷ trọng thời gian theo các mức nhiệt độ cũng có sự khác biệt.

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

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

5.3.3.1. Điều kiện khí hậu Hà Nội

- 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 26. có thể tính giá trị IPLV/NPLV(Non Standard Part Load Value) với sự điều chỉnh các hệ số trong công thức.

Bảng 26. 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	Hà Nội (%)	4,4	14,38	27,55	22,5	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 %

Ví dụ tính toán cho thấy, 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 26. có thể đưa ra công thức NPLV cho điều kiện khí hậu Hà Nội như sau :

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

Theo số liệu Hà nội trong Bảng 26 tính được $NPLV = 7,04 \text{ kW/kW}$, giá trị này gần với kết quả tính theo điều kiện ARI: $7,0 \text{ kW/kW}$, giá trị này cao hơn COP 100% tải khoảng 17% ($7,04/6,03=1,17$)

Bảng 27. Chỉ số COP Chiller ly tâm vòng bi chạy non tải

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

Nguồn :CVHG 0565- Trane Chiller

- 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 $32^{\circ}\text{C} \div 18^{\circ}\text{C}$. Dựa vào công thức tính NPLV và Bảng 28. có thể tính được NPLV Chiller ly tâm đệm từ ở điều kiện khí hậu Hà Nội: $NPLV=12,55 \text{ kW/kW}$, giá trị này thấp hơn khi tính theo điều kiện ARI : $NPLV=13,47 \text{ kW/kW}$, nhưng cao hơn COP chiller ở 100% tải, khoảng 80% ($12,55/6,758=1,85$).

Bảng 28. COP Chiller ly tâm đệm từ 2110,2 kW

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

Nguồn :Performance Specification -Smardt Chiller

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 đem lại hiệu quả năng lượng lớn hơn Chiller ly tâm vòng bi khoảng 70% ($12,55/7,04 = 1,78$).

5.3.3.2. Điều kiện khí hậu TP Hồ Chí Minh

- 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 26. có thể đưa ra công thức:

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

Theo Bảng 27. tính được $NPLV = 7,0 \text{ kW/kW}$, 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.

-Chiller ly tâm đệm từ

Sử dụng công thức tính NPLV và Bảng 28. tính cho Chiller ly tâm đệm từ : $NPLV = 9,98 \text{ kW/kW}$, giá trị này thấp hơn NPLV tính theo điều kiện ARI, nhưng cao hơn COP 100% tải khoảng 40% ($9,98/6,758=1,47$).

5.4. Tổng hợp và nhận xét

Những kết quả trên cho biết IPLV của riêng Chiller, nhưng khi đánh giá hiệu quả năng lượng hệ thống ĐHKK Chiller cần phải cộng thêm tiêu thụ điện của các thiết bị trong hệ thống như : bơm(nước lạnh,nước giải nhiệt), quạt tháp giải nhiệt, AHU/FCU.

Để so sánh có thể tính toán COP hệ thống cho các hệ thống ĐHKK chiller và VRV ở điều kiện khí hậu Hà Nội như sau:

PA1: Hệ thống Chiller ly tâm đệm từ: 02x 2110 kW(600RT)@ $NPLV=12,55 \text{ kW/kW}$, 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: $COP_{ht} = 6,04 \text{ kW/kW}$

PA2: Hệ thống Chiller ly tâm vòng bi: 02 x 2110kW @ $NPLV=7,04 \text{ kW/kW}$, 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: $COP_{ht} = 4,38 \text{ kW/kW}$

PA3:Hệ thống VRV Inverter loại COP cao:30máy 50HP x140kW(50HP)@41,4kWe/150FCU 28 kW@1,465kWe, ở100% tải nếu tính đủ tiêu thụ điện của dàn nóng và 5 FCU thì $COP_{ht} = 2,87 \text{ kW/kW}$. 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: $COP_{ht} = 4,36 \text{ kW/kW}$, 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 COP_{ht} lớn hơn COP_{ht} chiller ly tâm vòng bi và COP_{ht} VRV khoảng 35% ($6,04/4,38=1,38$).

-Áp dụng cho hệ thống ĐHKK trung tâm thương mại công suất lạnh 4220 kW chạy 2900 giờ/năm sử dụng chiller ly tâm đệm từ có thể giảm tiêu thụ điện khoảng 25% so với chiller ly tâm vòng bi hoặc hệ thống VRV, khoảng 768000 kWh/năm (1,3 tỷ VND/năm). Đối với hệ thống ĐHKK có số giờ làm việc 24/24 và thường xuyên chạy non tải như trung tâm viễn thông, nhà ga hàng không, bệnh viện ,...thì Chiller ly tâm đệm từ sẽ phát huy ưu thế chạy non tải đem lại hiệu quả tiết kiệm năng lượng khoảng 30% so với máy lạnh có dầu trước đây.

