Hisense

مقایسه سامانه تهویه مطبوع VRF و چیلر هوا خنک
پروژه ساختمان مرکزی بانک اقتصاد نوین

Commercial Air Conditioning Dept.

2018

Hisense life reimagined

چکیده مطالب:

۱- بررسی شرایط طراحی پروژه ساختمان اقتصاد نوین

- برآورد بار برودتی برای هر فضا و بررسی طراحی اولیه تهویه مطبوع پروژه
- بررسی مزایا و معایب طراحی اولیه پروژه و پیشنهاد سامانه های جایگزین

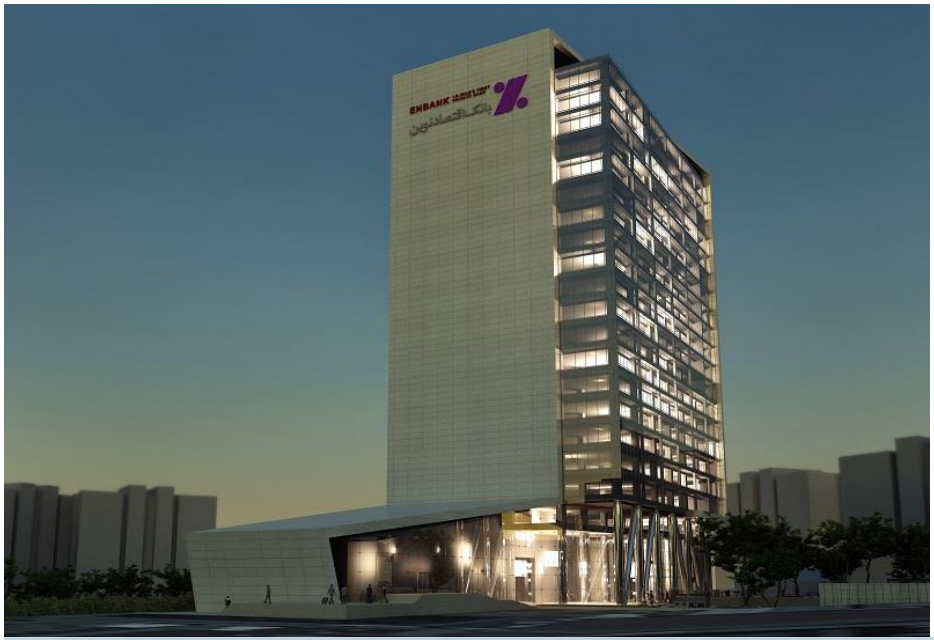
۲- معرفی سامانه VRF و مقایسه با سامانه Chiller Fan-coil از نوع هوا خنک

- معرفی دو سامانه و بررسی الزامات و شرایط کارکرد آنها در پروژه
- بررسی تجهیزات مورد استفاده در پروژه برای هر دو آلترناتیو
- نحوه محاسبه میزان مصرف انرژی سامانه VRF و چیلر هوا خنک
- مقایسه هزینه تمام شده سامانهVRF با سامانه چیلر هوا خنک
-مقایسه مصرف انرژی VRF با سامانه چیلر هوا خنک
- مقایسه شرایط نصب و اجرای سامانه VRF با سامانه چیلر هواخنک و همچنین مقایسه بار وارده به سازه ساختمان

بررسی شرایط طرح و بار برودتی مورد نیاز و طراحی اولیه

طی مطالعه صورت گرفته در خصوص شرایط طرح از قبیل موقیعت جغرافیایی ، شرایط معماری کاربری گوناگون فضا ها ، تعداد نفرات حاضر و همچنین نیاز به تأمین هوای تازه و تأمین باربرودتی برای فضای مانیتورینگ و Data Center و بررسی هر کدام از فضا های تهویه شونده ، بار برودتی برآورد شده برای کل مجموعه در حدود ۱۸۰۰ تن تبرید بر آورد و میزان هوای تازه مورد نیاز در حدود ۷۵۰۰۰ CFM برآورد میگردد.

در مطالعات اولیه مشاور محترم جهت تأمین بار برودتی کل مجموعه از سیستم چیلر فن کویل به همراه موتور خانه مرکزی استفاده نموده اند که به این منظور از سه عدد چیلر جذبی و دو عدد دیگ فولادی (جهت تأمین گرمایش) به همراه پمپ های مورد نیاز در طبقه منفی شش بهره گیری شده و جهت تأمین هوای تازه و باربرودتی هواسازهای جداگانه ای در هر طبقه تعبیه شده است.



بررسی مزایا و معایب طرح اولیه

مزایای طراحی چیلر جذبی به همراه هواساز :

* کاهش لوله کشی سرمایش وگرمایش و در سقف کاذب فضا ها و همچنین حذف شدن فن کویل ها از فضاها.
* متمرکز بودن تجیهزات سرمایش و گرمایش در هنگام سرویس و تعمیر و نگهداری.
* کاهش هزینه اولیه خرید تجهزات.

معایب طراحی چیلر جذبی به همراه هواساز :

* عدم امکان کنترل و استقلال دمایی در فضا های مختلف هر طبقه
* نیاز به تعبیه فضای تأسیساتی موتور خانه میانی در طبقه دهم یا یازدهم.
* مصرف بالای آب در برج خنک کن .
* آلودگی زیست محیطی با توجه به مصرف گاز.
*افزایش سطح صدا با توجه به قرار گرفتن هواساز در جوار فضاهای تهویه شوند .

با توجه به مطالب فوق الذکر و مشکلات سامانه چیلر جذبی که مهمترین آن مصرف آب در برج خنک کن این چیلرها می باشد و نظر به بحران کم آبی موجود در کشور به منظور کارکرد مطمئن سیستم سرمایش و گرمایش در آینده پیشنهاد می گردد که از سایر سامانه های تهویه مطبوع استفاده گردد.

سامانه های تهویه مطبوع پیشنهادی

با توجه به عدم کارایی لازم کندانسور آب خنک و برج خنک کن در چیلر و همچنین عدم امکان کنترل دمایی مطلوب و استقلال دمایی هر فضا در آلترناتیو تأمین باربرودتی تنها بوسیله هواساز ، به نظر میرسد بهترین گزینه جهت پروژه مذکور همانند سایر پروژه های اداری ، بهره گیری از کندانسور های DX و استفاده از ترمینال یونیت در هر فضا جهت امکان برقراری استقلال دمایی و سامانه جداگانه تأمین هوای تازه میباشد . که در این صورت دو سامانه **(چیلر هوا خنک به همراه فن کویل و هواساز برای هوای تازه)** و **(VRF با قابلیت تأمین هوای تازه)** بایستی مورد بررسی قرار گیرند.

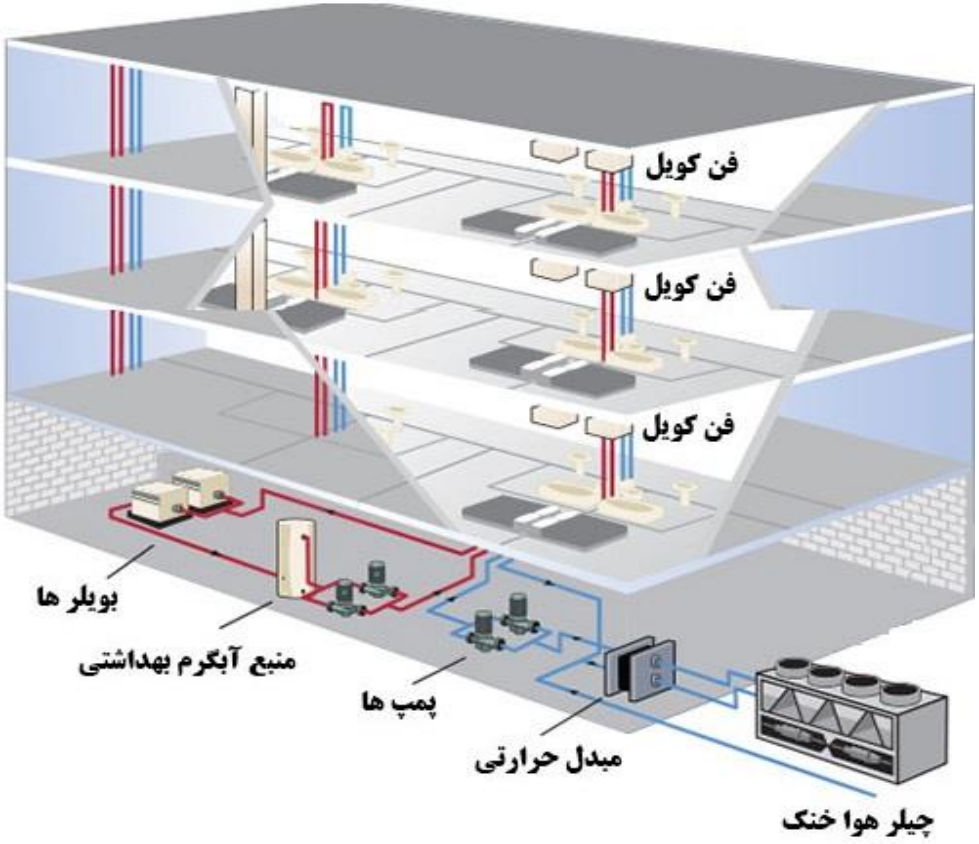
به منظور بررسی دقیقتر این دو سامانه از جهات گوناگون بایستی مقایسه گردد ، لذا ابتدا ضمن معرفی مختصر به بررسی شرایط طراحی در صورت استفاده از هر آلترناتیو پرداخته سپس از جنبه های ذیل این دو سامانه راه مورد بررسی قرار خواهیم داد :

۱- هزینه اولیه خرید تجهیزات و هزینه های مصرف انرژی و تعمیر و نگهداری .
۲- صرفه جویی در مصرف انرژی .
۳- امکان ایجاد تهویه مطبوع مورد نظر کارفرما باتوجه به محدودیت های معماری .
۴- اشغال فضا تأسیساتی مورد نیاز .
۵- اجرای شبکه لوله کشی و قابلیت اطمینان سیستم .

معرفی و شماتیک سامانه چیلر هوا خنک

این سامانه متشکل از چیلر با کندانسور هوا خنک بوده که میتواند بصورت یکپارچه یا جداگانه (به صورت یک چیلر مرکزی و تعدادی کندانسینگ یونیت) مورد استفاده قرار گیرد ، در صورت استفاده از چیلر هوا خنک در این پروژه تهویه فضاها توسط فن کویل ها صورت می پذیرد و برای تأمین هوای تازه میتوان از تعداد ۵ عدد هواساز با ظرفیت ۱۵۰۰۰ CFM استفاده یا در هر طبقه یک هواساز با ظرفیت ۳۵۰۰ CFM تعبیه نمود .

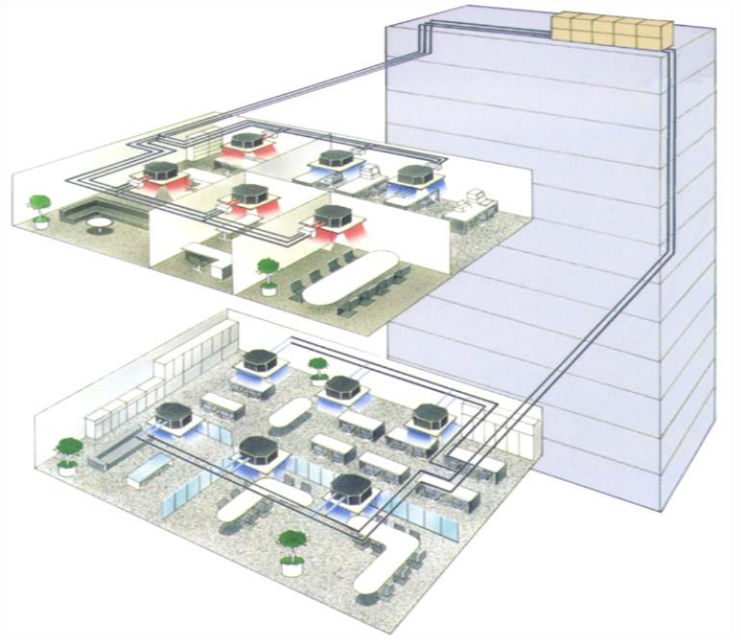
با توجه به اختلاف ارتفاع زیاد ما بین فضای آزاد و موتور خانه و به دلیل افت راندمان چیلر های هوا خنک دو پارچه امکان استفاده این چیلر ها وجود ندارد و بایستی به صورت یک پارچه مورد استفاده قرار گیرد که در این صورت یا در پشت بام قرار خواهند گرفت ، یا در فضای مجاور ساختمان ، در این سامانه لازم است علاوه بر موتور خانه مرکزی در طبقه منفی شش که بویلر ها و پمپ ها و منابع آبگرم قرار دارند ، در طبقه دهم نیز یک موتورخانه میانی جهت قرار گرفتن مبدل های حرارتی ثانویه و پمپ های ثانویه تعبیه گردد .



لازم به ذکر است قرار گرفتن چیلر ها در پشت بام مصائب خاص خود را دارد و بهتر است در صورت امکان چیلرها در فضای آزاد مجاور ساختمان قرارگیرد .

گرمایش این سامانه با استفاده از بویلر تأمین خواهد شد و شبکه لوله کشی در این آلترناتیو می تواند بسته به صلاحدید طراحان دو لوله (سرمایش یا گرمایش) و چهار لوله (سرمایش و گرمایش) باشد.

معرفی شماتیک سامانه VRF



(VRF) مخفف سه کلمه Variable refrigerant flow می باشد . از سیستم های سرمایش و گرمایش مرکزی با تکنولوژی جدید در صنعت تهویه مطبوع است . در آن بار سرمایش چندین یونیت داخلی (اواپراتور) توسط یک یونیت خارجی (کندانسور) تامین می گردد.

این سیستم در هنگام ورود به بازار با غلبه بر بسیاری از اشکالات سنتی سیستم های تهویه مطبوع مرکزی و در طی ۳۰ سال گذشته بطور گسترده در سطح جهان مورد استفاده قرار گرفته و با توجه به استفاده از فناوری پیشرفته، سرعت رشد و توسعه آن روز افزون می باشد.

در صورت استفاده از این سامانه در پروژه ، تهویه مطبوع توسط یونیت های داخلی انجام خواهد شد و هوای تازه مورد نیاز نیز از طریق یونیت های سقفی توکار کانالی All Fresh Air تأمین خواهد شد .

در این آلترناتیو حجم قابل توجهی از فضای تأسیساتی در موتور خانه آزاد و به پارکینگ ها اضافه خواهد شد ، ضمنا فضای تأسیسات اختصاص یافته به اتاق های هواساز هر طبقه و موتور خانه میانی نیز حذف و به فضای اداری اضافه خواهد شد .

با توجه به اینکه گرمایش در این آلترناتیو از طریق DX بوده و از بویلر ها تنها جهت آبگرم مصرفی استفاده میشود ، ظرفیت بویلر های به یک سوم تقلیل خواهد یافت ، ضمن اینکه با توجه به میزان اندک مصرف آب و عدم وجود دوش در سرویس های بهداشتی طبقات ، این امکان وجود دارد که برای هر طبقه از یک پکیج (گازی یا برقی) استفاده شود و به طور کامل بویلر ها و منابع کویلی حذف گردد.

یونیت های خارجی این سامانه میتوانند همگی در پشت بام و در تراز 90+ نصب گردند یا بخشی در پشت بام و بخشی در فضای بالای سالن آمفی تئاتر قرار گیرند و یا یونیت خارجی هر طبقه در همان طبقه و در اتاق هواساز نصب گردد .

بررسی تجهیزات مورد نیاز پروژه و هزینه اولیه خرید تجهیزات (چیلر اسکرو هوا خنک):

سامانه چیلر تراکمی اسکرو هوا خنک				
ردیف	نوع تجهیزات	تعداد	قیمت واحد«ریال»	قیمت کل «ریال»
1	چیلر تراکمی اسکرو هوا خنک -۷۵۰تن تبرید	3	18,750,000,000	56,250,000,000
2	فن کویل ۲۰۰۰ CFM سقفی توکار	5	39,000,000	195,000,000
3	فن کویل ۳۰۰ CFM سقفی توکار	100	7,500,000	750,000,000
4	فن کویل ۴۰۰ CFM سقفی توکار	524	7,900,000	4,139,600,000
5	فن کویل ۶۰۰ CFM سقفی توکار	395	9,500,000	3,752,500,000
7	هواساز تماماً هوای تازه با ظرفیت CFM 3500	25	180,000,000	4,500,000,000
8	پمپ های مرتبط با چیلر (سیرکولاسیون)	1	12,000,000,000	12,000,000,000
9	سختی گیرها و منابع انبساط و مبدل های حرارتی	1	1,000,000,000	1,000,000,000
10	جمع کل			82,587,100,000

به طور معمول هزینه تقریبی تعمیر و نگهداری سامانه چیلر اسکرو هوا خنک به همراه هواساز و فن کویل به ازای هر تن سالیانه مابین ۷۰۰,۰۰۰ «ریال» تا ۸۰۰,۰۰۰ «ریال» می باشد که با فرض میزان متوسط این بازه و با در نظر گرفتن ظرفیت پروژه خواهیم داشت :

هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه سامانه چیلر تراکمی اسکرو هوا خنک برابر است با **۱,۶۸۷,۵۰۰,۰۰۰ «ریال»**

بررسی تجهیزات مورد نیاز پروژه و هزینه های اولیه و سالیانه (VRF):

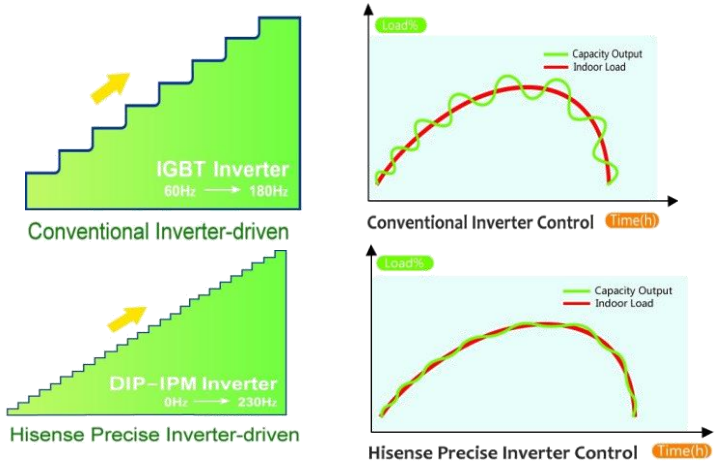
با توجه لیست تجهیزات انتخابی برای سرمایش و گرمایش پروژه در آلترناتیو استفاده از سامانه VRF هزینه این تجهیزات به شرح ذیل خواهد بود ، با ذکر این مطلب که در این آلترناتیو ، ظرفیت بویلر ها به یک سوم کاهش و به تبع آن هزینه خرید این تجهیزات نیز کاهش می یابد .

Hisense life reimagined

ردیف	تجهیزات	تعداد	قیمت واحد«ریال»	قیمت کل «ریال»
1	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-09UXCSAL	100	23,460,000	2,346,000,000
2	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-12UXCSAL	90	23,460,000	2,111,400,000
3	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-18UXCSBL	252	26,220,000	6,607,440,000
4	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-24UXCSBH	91	31,740,000	2,888,340,000
5	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-30UXCSCH	179	38,640,000	6,916,560,000
6	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-38UXCSCH	38	41,400,000	1,573,200,000
7	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-48UXCSDH	11	45,540,000	500,940,000
8	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-54UXCSDH	15	48,300,000	724,500,000
9	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-76UX6SEH	5	71,760,000	358,800,000
10	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-600	5	198,720,000	993,600,000
11	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-500	18	187,680,000	3,378,240,000
12	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-114UX6SRH-300	2	124,200,000	248,400,000
13	یونیت خارجی - AVWT-114U6SR	1	299,460,000	299,460,000
14	یونیت خارجی - AVWT-154U6SS	1	369,840,000	369,840,000
15	یونیت خارجی - AVWT-190U6SZ	20	535,440,000	10,708,800,000
16	یونیت خارجی - AVWT-290U6SZ	1	712,080,000	712,080,000
17	یونیت خارجی - AVWT-307U6SZ	1	739,680,000	739,680,000
18	یونیت خارجی - AVWT-328U6SZ	2	888,720,000	1,777,440,000
19	یونیت خارجی - AVWT-365U6SZ	1	941,160,000	941,160,000
20	یونیت خارجی - AVWT-386U6SZ	19	968,760,000	18,406,440,000
21	یونیت خارجی - AVWT-402U6SZ	1	1,011,540,000	1,011,540,000
22	یونیت خارجی - AVWT-426U6SZ	16	1,039,140,000	16,626,240,000
23	یونیت خارجی - AVWT-444U6SZ	3	1,081,920,000	3,245,760,000
24	یونیت خارجی - AVWT-460U6SZ	2	1,109,520,000	2,219,040,000
25	جمع			85,704,900,000

با توجه به ظرفیت پروژه هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه سامانه VRF برابر است با ۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰ «ریال»

مبنای محاسبه مصرف برق سامانه (VRF) به همراه مراجع و استاندارد های مربوطه:



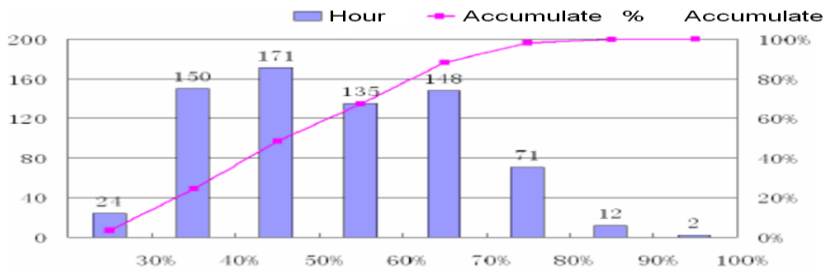
با توجه به قابلیت کمپرسورهای اسکرال اینورتر مبنی بر کارکرد با ظرفیت های متغیر و مصرف انرژی متناسب با ظرفیت و همچنین تطبیق ظرفیت کارکرد کمپرسور با میزان بار برودتی ساختمان توسط مدول کنترلی اینورتر ، در نتیجه مصرف انرژی ساختمان متناسب با بار برودتی آن خواهد بود.

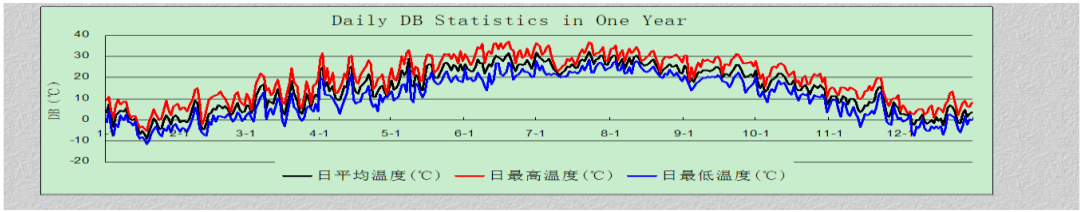
استفاده از مدول کنترلی DIP-IPM انحصاری کمپانی HITACHI میزان انطباق ظرفیت کمپرسور با بار برودتی ساختمان را بسیار مطلوب خواهد نمود.

مطابق با استاندارد (US. Refrigeration Institute 880-56)جدول کارکرد سیستم با توجه به ظرفیت و مدت زمان کارکرد آن به شرح زیر می باشد.

Cooling Load Rate(%)	75～100	50～75	25～50	＜25
Operating Time Rate (%)	10	50	30	10

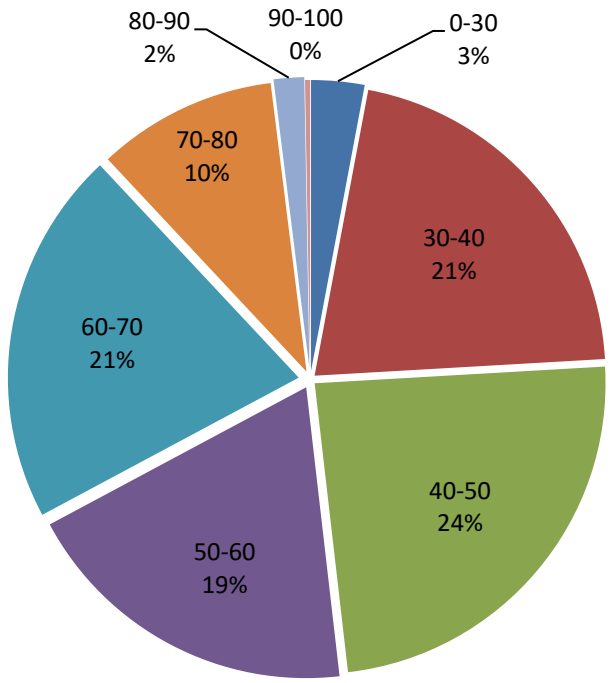
نتایج حاصل از بررسی نمونه عملی این موضوع (تعداد ساعات زیر بار بودن سیستم با ظرفیت های گوناگون) برای یک ساختمان اداری به مساحت ۲۰۰۰۰ متر مربع که شرایط آب و هوایی آن مشابه تهران است ، به شرح زیر خواهد بود.





بنابر این با توجه به استفاده از سیستم های اینورتر در یونیت های خارجی و داخلی می توان ضریب تصحیح کاهش مصرف برق را در سامانه هایی که توسط مدول کنترلی اینورتر مدیریت میشوند ، محاسبه نمود :

درصد زیر بار بودن سیستم	تعداد ساعات کارکرد سیستم	نسبت زمان کارکرد به کل	ضریب متوسط ظرفیت	ضریب تصحیح
0-30	21	0.03	0.15	0.0045
30-40	150	0.21	0.35	0.0735
40-50	171	0.24	0.45	0.108
50-60	135	0.19	0.55	0.1045
60-70	148	0.21	0.65	0.1365
70-80	71	0.1	0.75	0.075
80-90	12	0.02	0.85	0.017
90-100	2	0.0028	0.95	0.00266
جمع کل ضریب تصحیح کارکرد و مصرف انرژی سیستم				0.52166



ضریب تصحیح کاهش مصرف برق در سیستم اینورتر برابر است با : ۰/۵۲۱۶۶

همچنین بر اساس آخرین تحقیقات انجام گرفته در این حوزه که منجر به تنظیم استاندارد جهانی مصرف انرژی گردیده ، مطابق با استاندارد AHRI 1230-2010 مصرف برق سامانه VRF بر اساس IEER محاسبه می گردد ، بدین ترتیب که با محاسبه میزان مصرف انرژی دستگاه در ظرفیت های مختلف و نسبت کارکرد دستگاه با این ظرفیت ها ، میزان نهایی مصرف انرژی هر دستگاه محاسبه می گردد .

IEER INTEGRATED ENERGY EFFICIENCY RATIO

Part load performance of commercial HVAC systems was represented as Integrated Part Load Performance (IPLV) which was used until January 1, 2010. Then a new methodology was adopted and defined as Integrated Energy Efficiency Ratio (IEER).

IEER is intended to be used as a representation of part load performance for energy comparisons of similar systems. For Variable Refrigerant Flow (VRF) Multi Split systems AHRI Standard defines the process to calculate IEER. In a most simplistic form IEER is calculated by operating the system at 4 different capacities and applying a formula. The basic calculation is as follows:

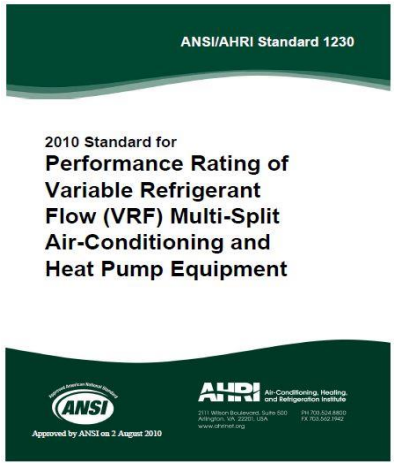
IEER = (0.02 * A) + (0.617 * B) + (0.238 * C) + (0.125 * D)

Where as:

A = EER at 100% net capacity at AHRI standard condition
B = EER at 75% net capacity and reduced ambient
C = EER at 50% net capacity and reduced ambient
D = EER at 25% net capacity and reduced ambient

Some points to recognize from this calculation:

1. Full load EER (100% capacity) represents only 2% of the overall IEER rating because the system would rarely operate at this condition.
2. As overall capacity is reduced the system EER increases significantly.
3. Your actual efficiency could exceed the IEER rating depending upon equipment sizing, environment and use of the system.



روش های محاسبه میزان متوسط مصرف برق پروژه

روش اول : استفاده از استاندارد ۸۸۰-۵۶ (US. Refrigeration Institute)

در این روش با توجه به قابلیت انطباق میزان مصرف انرژی با بار برودتی ساختمان در سیستم های اینورتر در هر لحظه ، مصرف متوسط آن مشخص میگردد ، بدین ترتیب با استفاده از قابلیت اندازه گیری میزان زیر بار بودن یونیت ها خارجی و داخلی در هر لحظه در سامانه VRF ، مدت زمان کارکرد با ظرفیت های مختلف مشخص و ضریب تصحیح مصرف انرژی معلوم میگردد ، لازم به ذکر است نتایج حاصل از پروژه های انجام گرفته با این روش همخوانی نسبی دارد.

متوسط مصرف انرژی در این روش در حدود ۵۲ درصد کیلووات (نامی) مشخص میگردد.

روش دوم : استفاده از استاندار بین المللی ANSI-AHRI-1230

از سال ۲۰۱۰ از پارامتر (Integrated Energy Efficiency Ratio) IEER به جای EER استفاده شد که بوسیله آن ضریب متوسط مصرف انرژی با استفاده از EER در ظرفیت های مختلف مشخص می گردد که نسبت به روش فوق از دقت بالاتری برخوردار می باشد. لـذا کمپانی HISENSE/HITACHI بر اساس این استاندار ، EER هر دستگاه در ظرفیت های مختلف را ارائه کرده و برای هر یونیت خـارجی IEER و Integrated power consumption را محاسبه نموده است.

متوسط مصرف انرژی در این روش به طور دقیقتر محاسبه می گردد که به ازای دستگاه های مختلف در ظرفیت های مختلـف بـین ۵۳ درصد تا ۶۰ درصد کیلووات (نامی) برای سرمایش و بین ۵۴ درصد تا ۶۶ درصد کیلووات (نامی) برای گرمایش مشخص می گردد.

محاسبه میزان متوسط مصرف برق پروژه ساختمان مرکزی بانک اقتصاد نوین

به منظور برآورد مصرف انرژی با دقت بیشتر در این پروژه متوسط مصرف انرژی برای یونیت های خارجی با استفاده از روش دوم و ضریب IEER و در نهایت مشخص شدن پارامتر integrated power consumption ، محاسبه گردیده ، همچنین برای یونیت های داخلی نظر به اینکه میزان عملکرد آنها با میزان زیر بار بودن هر فضا نسبت مستقیم دارد ، از روش اول استفاده میگردد که در ادامه شرح آن تقدیم می گردد.

نظربه اینکه تمامی ظرفیت های یونیت های خارجی سامانه VRF هایسنس -هیتاچی از ترکیب پنج تیپ یونیت خارجی (ماژول) تشکیل شده (به عنوان مثال یونیت خارجی AVWT-460U6SZ از سه ماژول AVWT-154U6SS تشکیل شده است) و جداول ارائه شده توسط کارخانه Hisense/HITACHI در خصوص مصرف انرژی این ماژول ها بر اساس استاندارد ANSI-AHRI-1230 که به شرح ذیل است ، میزان مصرف انرژی آنها در فصل تابستان و زمستان به شرح ذیل خواهد بود :

IPT (Cooling)					
Load Rate / Model	100% (a)	75% (b)	50% (c)	25% (d)	**Integrated IPT by Formula**
AVWT-86U6SR	7.7	4.56	2.75	1.825	**3.85**
AVWT-96U6SR	8.45	4.93	3.1	2.215	**4.23**
AVWT-114U6SR	10.5	6.47	3.68	2.62	**5.41**
AVWT-136U6SS	12.9	7.96	4.65	3.17	**6.67**
AVWT-154U6SS	14.5	8.99	5.23	4.07	**7.59**

IPT (Heating)					
Load Rate / Model	100% (a)	75% (b)	50% (c)	25% (d)	**Integrated IPT by Formula**
AVWT-86U6SR	7.39	5.03	3.25	1.89	**4.26**
AVWT-96U6SR	8.27	5.625	3.64	2.385	**4.80**
AVWT-114U6SR	10	6.5	4.1	2.785	**5.53**
AVWT-136U6SS	13	8.645	5.72	3.39	**7.38**
AVWT-154U6SS	14.52	9.95	6.54	4.215	**8.51**

لیست تجهیزات الکترونیکی استفاده شده در سامانه VRF پروژه ساختمان مرکزی بانک اقتصاد نوین :

با توجه به طراحی صورت گرفته ، پس از تبدیل یونیت های خارجی به ماژول های تشکیل دهنده آن خواهیم داشت :

ردیف	تجهیزات	تعداد
1	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-09UXCSAL	100
2	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-12UXCSAL	90
3	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-18UXCSBL	252
4	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-24UXCSBH	91
5	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-30UXCSCH	179
6	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-38UXCSCH	38
7	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-48UXCSDH	11
8	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-54UXCSDH	15
9	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-76UX6SEH	5
10	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-600	5
11	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-500	18
12	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-114UX6SRH-300	2
13	یونیت خارجی - AVWT-154U6SS	70
14	یونیت خارجی - AVWT-136U6SS	6
15	یونیت خارجی - AVWT-114U6SR	58
16	یونیت خارجی - AVWT-96U6SR	42
17	یونیت خارجی - AVWT-86U6SR	2

جدول مصرف برق سامانه VRFدر فصل تابستان به شرح زیر خواهد بود :

ردیف	تجهیزات	تعداد	مصرف برق هر یونیت بدون احتساب ضرایب کاهش مصرف (KW)	مصرف برق هر یونیت با احتساب ضرایب کاهش مصرف (KW)	مصرف کل با احتساب ضریب تصحیح (KW)
1	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-09UXCSAL	100	0.11	0.06	5.74
2	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-12UXCSAL	90	0.15	0.08	7.04
3	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-18UXCSBL	252	0.15	0.08	19.72
4	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-24UXCSBH	91	0.19	0.10	9.02
5	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-30UXCSCH	179	0.3	0.16	28.01
6	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-38UXCSCH	38	0.3	0.16	5.95
7	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-48UXCSDH	11	0.43	0.22	2.47
8	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-54UXCSDH	15	0.43	0.22	3.36
9	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-76UX6SEH	5	1.03	0.54	2.69
10	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-600	5	1.62	0.85	4.23
11	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-500	18	1.33	0.69	12.49
12	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-114UX6SRH-300	2	0.74	0.39	0.77
13	یونیت خارجی - AVWT-154U6SS	70	13.93	7.59	531.30
14	یونیت خارجی - AVWT-136U6SS	6	12.31	6.67	40.02
15	یونیت خارجی - AVWT-114U6SR	58	10.18	5.41	313.78
16	یونیت خارجی - AVWT-96U6SR	42	7.65	4.23	177.66
17	یونیت خارجی - AVWT-86U6SR	2	6.36	3.85	7.70
18	جمع				1171.94

بنا بر محاسبات فوق مصرف متوسط سامانه VRF پروژه در فصل تابستان برابر با ۱۱۷۱/۹۴ کیلو وات بر ساعت خواهد بود .

لازم به ذکر است این میزان با کیلوات درخواستی (Demand) متفاوت است و صرفا مصرف انرژی را نشان می دهد.

جدول مصرف برق سامانه VRF در فصل زمستان به شرح زیر خواهد بود :

ردیف	تجهیزات	تعداد	مصرف برق هر یونیت بدون احتساب ضرایب کاهش مصرف (KW)	مصرف برق هر یونیت با احتساب ضرایب کاهش مصرف (KW)	مصرف کل با احتساب ضریب تصحیح (KW)
1	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-09UXCSAL	100	0.11	0.06	5.74
2	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-12UXCSAL	90	0.15	0.08	7.04
3	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-18UXCSBL	252	0.15	0.08	19.72
4	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-24UXCSBH	91	0.19	0.10	9.02
5	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-30UXCSCH	179	0.3	0.16	28.01
6	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-38UXCSCH	38	0.3	0.16	5.95
7	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-48UXCSDH	11	0.43	0.22	2.47
8	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-54UXCSDH	15	0.43	0.22	3.36
9	یونیت داخلی سقفی توکار- AVD-76UX6SEH	5	1.03	0.54	2.69
10	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-600	5	1.62	0.85	4.23
11	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-190UX6STH-500	18	1.33	0.69	12.49
12	یونیت داخلی کانالی هوای تازه - AVA-114UX6SRH-300	2	0.74	0.39	0.77
13	یونیت خارجی - AVWT-154U6SS	70	12.82	8.51	595.70
14	یونیت خارجی - AVWT-136U6SS	6	11.55	7.38	44.28
15	یونیت خارجی - AVWT-114U6SR	58	10.12	5.53	320.74
16	یونیت خارجی - AVWT-96U6SR	42	7.76	4.8	201.60
17	یونیت خارجی - AVWT-86U6SR	2	6.54	4.26	8.52
18	جمع				1272.32

بنابر محاسبات فوق مصرف متوسط سامانه VRF برای پروژه در فصل زمستان برابر با ۱۲۷۲/۳۲ کیلو وات بر ساعت خواهد بود .

لازم به ذکر است این میزان با کیلوات درخواستی (Demand) متفاوت است و صرفا مصرف انرژی را نشان می دهد.

با توجه به مقادیر ذکر شده مجموع متوسط انرژی سامانه VRF پروژه ساختمان مرکزی بانک اقتصاد نوین در حالت سرمایش در هر ساعت برابر با ۱۱۷۱/۹۴ کیلو وات و در حالت گرمایش برابر ۱۲۷۲/۳۲ کیلوات خواهد بود.
با توجه به اعمال ضریب تصحیح مصرف سالیانه انرژی به ازای مصرف مستمر ۱۰ ساعت در هر روز و همچنین تعرفه مصرف برق می توان بر آورد نسبتا دقیقی از هزینه مصرف انرژی این سامانه داشت که به شرح ذیل محاسبه می گردد:

تعرفه ۵-۱مشترکین با قدرت بیش از ۳۰ کیلو وات

بهای قدرت (kwh/ ریال)	بهای انرژی (kwh/ ریال)		
	ساعات میان باری	ساعات اوج بار	ساعات کم باری
۲۴۸۰۰	۱۳۶۴	۲۷۲۸	۶۸۲

جدول مصرف برق و هزینه مصرف انرژی سالیانه سامانه VRF

ردیف	نوع مصرف	مصرف روزانه به ازای ۱۰ ساعت مصرف		متوسط تعداد روز فعالیت سیستم تهویه	مصرف سالیانه	تعرفه انرژی مربوطه		هزینه مصرف انرژی سالیانه (ریال)
		مقدار	واحد			مقدار	واحد	
1	مصرف متوسط برق به هنگام عملکرد تجهیزات تاسیساتی (فصل تابستان)	11719.4	Kw/Day	125	1,464,925	1,364	Kw / ریال	1,998,157,700
2	مصرف متوسط برق به هنگام عملکرد تجهیزات تاسیساتی (فصل زمستان)	12723.2	Kw/Day	125	1,590,400	1,364	Kw / ریال	2,169,305,600
	جمع کل هزینه های مصرف انرژی سالیانه برای سامانه VRF (هزینه های جاری)							4,167,463,300

با توجه به محاسبات فوق هزینه جاری مصرف انرژی سامانه VRF کل پروژه سالانه برابر با (۴,۱۶۷,۴۶۳,۳۰۰) ریال ، خواهد بود.

مبنای محاسبه مصرف برق سامانه تهویه مطبوع چیلر هوا خنک :

عطف به برآورد تجهیزات استفاده شده در سامانه تهویه مطبوع پروژه و مصرف برق یا گاز هریک ، جدول ذیل حاصل میگردد :

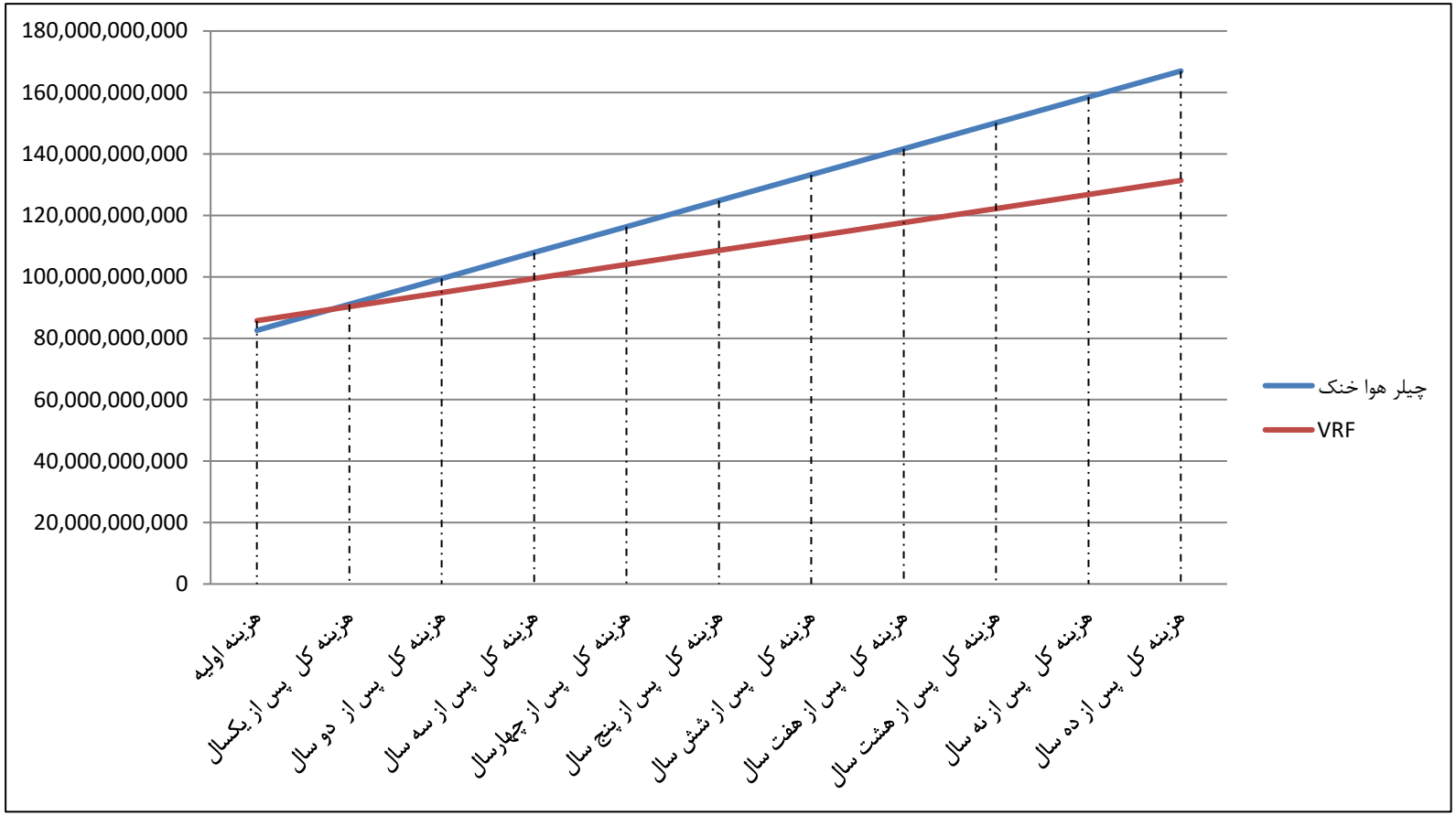
سامانه تهویه مطبوع	نوع تجهیزات	تعداد	متوسط مصرف انرژی هرکدام از تجهیزات در ساعت (زمستان)			متوسط مصرف انرژی هرکدام از تجهیزات در ساعت (در تابستان)			مصرف کل انرژی در ساعت (تابستان)			مصرف کل انرژی در ساعت (زمستان)		
			آب (m^3/hr)	برق (Kw/hr)	گاز (m^3/hr)	آب (m^3/hr)	برق (Kw/hr)	گاز (m^3/hr)	آب (m^3/hr)	برق (Kw/hr)	گاز (m^3/hr)	آب (m^3/hr)	برق (Kw/hr)	گاز (m^3/hr)
چیلر هوا خنک	چیلر هوا خنک ۷۵۰ تن تبرید	3	0.0	0.0	0.0	0.0	750.0	0.0	0.0	2,250.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	دیگ فولادی آب داغ به ظرفیت ۲/۱۵ میلیون کالری	2	0.0	7.5	285.0	0.0	7.5	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	15.0	570.0
	پمپ سیرکولاسیون (در حال کار)	8	0.0	22.0	0.0	0.0	22.0	0.0	0.0	176.0	0.0	0.0	176.0	0.0
	فن کویل	1,024	0.0	150.0	0.0	0.0	150.0	0.0	0.0	150.0	0.0	0.0	150.0	0.0
	هواساز	80	0.0	245.0	0.0	0.0	245.0	0.0	0.0	245.0	0.0	0.0	245.0	0.0

نظر به کاربری پروژه و با فرض کارکرد روزانه ۱۰ ساعت ، محاسبه هزینه مصرف برق پروژه به شرح جدول ذیل خواهد بود :

ردیف	نوع مصرف	مصرف روزانه		متوسط تعداد روز فعالیت سیستم تهویه	مصرف سالیانه	تعرفه انرژی مربوطه		هزینه مصرف انرژی سالیانه (ریال)
		مقدار	واحد			مقدار	واحد	
1	مصرف متوسط گاز به هنگام عملکرد تجهیزات تاسیساتی (فصل تابستان)	0	m^3/Day	125	0	1,000	ریال / m^3	0
2	مصرف متوسط گاز به هنگام عملکرد تجهیزات تاسیساتی (فصل زمستان)	5,700	m^3/Day	125	712,500	1,300	ریال / m^3	926,250,000
3	مصرف متوسط برق به هنگام عملکرد تجهیزات تاسیساتی (فصل تابستان)	28,360	Kw/Day	125	3,545,000	1,364	ریال / Kw	4,835,380,000
4	مصرف متوسط برق به هنگام عملکرد تجهیزات تاسیساتی (فصل زمستان)	5,860	Kw/Day	125	732,500	1,364	ریال / Kw	999,130,000
5	جمع کل هزینه های مصرف انرژی سالیانه برای سامانه چیلر هواخنک اسکرو به همراه هواساز و فن کویل ساختمان مرکزی بانک اقتصاد نوین (هزینه های جاری)							6,760,760,000

با توجه به محاسبات فوق هزینه جاری مصرف انرژی سامانه تهویه مطبوع پروژه در صورت استفاده از چیلر هوا خنک برای سرمایش و بویلر آبگرم کل پروژه سالانه برابر با (۶,۷۶۰,۷۶۰,۰۰۰) ریال ، خواهد بود.

جدول مقایسه هزینه اول و جاری سامانه های تهویه مطبوع پروژه TCI			
نوع سامانه	هزینه اولیه «ریال»	هزینه مصرف انرژی سالیانه «ریال»	هزینه تعمیر و نگهداری سالیانه «ریال»
چیلر اسکرو هوا خنک	82,587,100,000	6,760,760,000	1,678,500,000
VRF	85,704,900,000	4,167,463,300	400,000,000



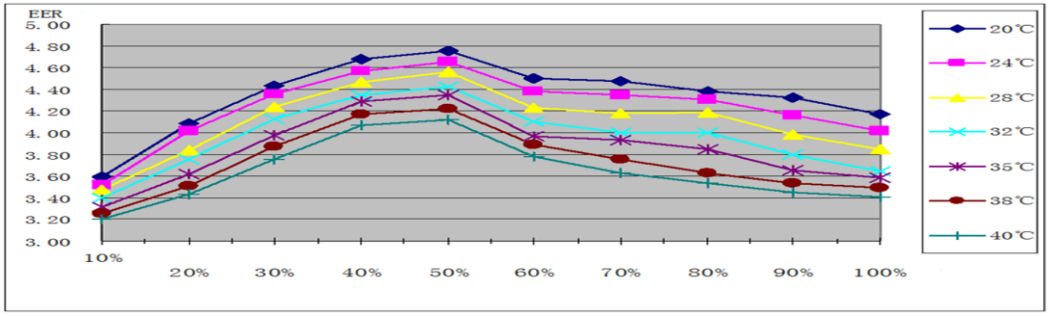
بنابر مطالب فوق الذکر درخصوص هزینه های اولیه و جاری سامانه چیلر فن کویل و همچنین مقایسه با هزینه های سامانه VRF هزینه کل در **« کمتر از ۱۰ ماه یا ۲۵۰ روز کاری »** معادل سامانه چیلر اسکرو هوا خنک خواهد شد و پس از آن استفاده از سامانه VRF برای کارفرمای محترم و یا بهره بردار پروژه سودهی قابل ملاحظه ای خواهد داشت .

مقایسه شرایط نصب و اجرای سامانه VRF با سامانه چیلر هواخنک

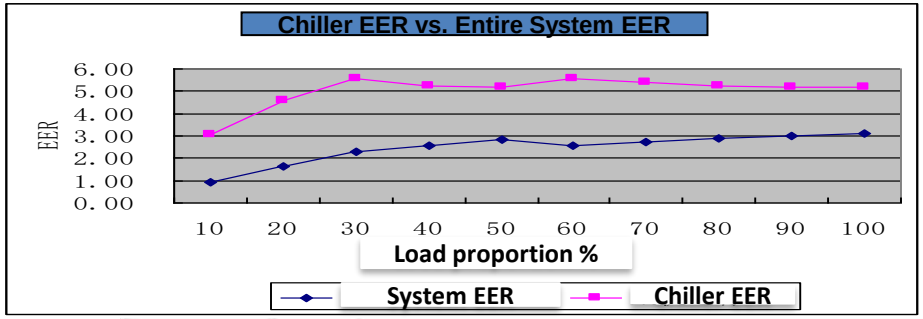
۱- مقایسه مصرف انرژی

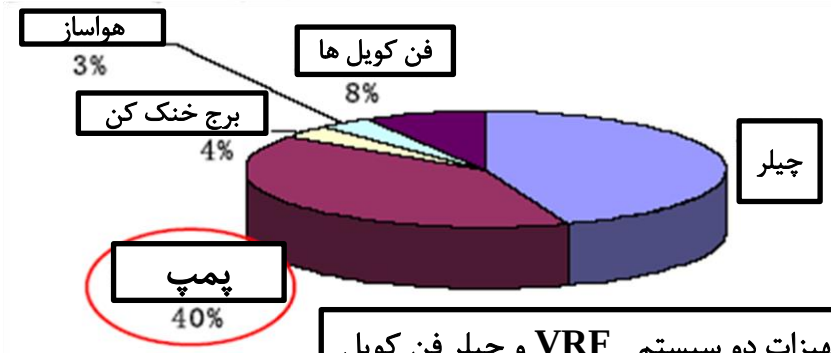
با وجود اینکه ضریب عملکرد (COP) چیلر با سیستم VRF تقریبا یکسان است ولی با در نظر گرفتن بازده کم پمپ ها و تجهیزات جانبی مورد نیاز چیلر، راندمان سیستم VRF بسیار مطلوب تر از مجموع سیستم سرمایشی چیلر می باشد ضمن اینکه بهره گیری از تکنولوژی اینورتر ISPM در سیستم های VRF موجب قابلیت تغییر فرکانس و توانایی کنترل خودکار تنظیم ظرفیت با توجه به بار مورد نیاز می گردد. (حتی هنگامی که فقط یکی واحد های داخلی فعال شود) که در نتیجه آن قابلیت کنترل و تنظیم بار برودتی مورد نیاز (partial load) سیستم VRF به مراتب مطلوبتر از چیلر های اسکرو هوا خنک خواهد بود .

نمودار ضریب بهره وری سیستم VRF

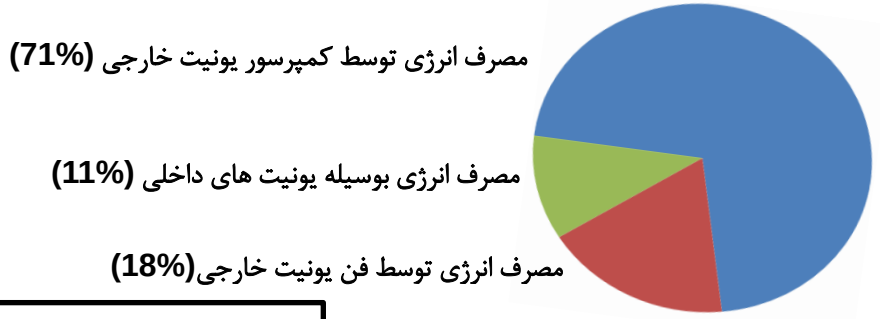


نمودار ضریب بهره وری دستگاه چیلر و کل سیستم تهویه مطبوع چیلر - فن کویل





مقایسه سهم مصرف انرژی تجهیزات دو سیستم VRF و چیلر فن کویل



۲- مقایسه نیاز به فضای تأسیساتی و بار وارد بر سازه ساختمان

سامانه چیلر اسکرو هواخنک

در این آلترناتیو با توجه به نوع چیلر که اسکرو هوا خنک است ، در صورتی که چیلر ها در موتور خانه طبقه منفی شش قرار گیرند، به منظور heat rejection بایستی چیلر ها از نوع دو پارچه بوده و چیلر و کندانسینگ یونیت ها توسط لوله کشی مسی به هم متصل گردند که با توجه به اختلاف ارتفاع طبقه منفی شش تا سطح زمین افت راندمان محسوسی خواهد داشت ، از طرفی جانمایی کندانسینگ یونیت ها در فضای آزاد مجار ساختمان به فضای نسبتا زیادی نیاز دارد ، زیرا قرار گرفتن کندانسینگ یونیت ها بر روی بام سالن آمفی تئاتر موجب افزایش اختلاف ارتفاع افت راندمان بیشتر ما بین چیلر و کندانسینگ یونیت می شود .

لذا پیشنهاد میگردد در صورت انتخاب چیلر هوا خنک به صورت یکپارچه مورد استفاده قرار گیرد که میتواند در فضای آزاد مجاور ساختمان و یا در پشت بام و در تراز 90+ متر از سطح زمین نصب گردد . با توجه به ظرفیت پروژه وزن تقریبی هر کدام از چیلر های ۷۵۰ تن در حدود ۲۰ تن و وزن کل تجهیزات در حدود **۶۰ تن** می باشد که در سه نقطه به سازه وارد میگردد.

ضمنا به منظور سیرکولاسیون مناسب و بالانس فشار در شبکه سیرکولاسیون سرمایش و گرمایش ، علاو ه بر موتور خانه طبقه منفی شش نیاز به تعبیه یک موتور خانه میانی در طبقات میانی برج (دهم یا یازدهم) می باشد .

سامانه VRF

در این آلترناتیو نیز یونیت های خارجی به منظور heat rejection بایستی در معرض هوای آزاد قرار گیرند و از طرفی با توجه به اینکه نیاز به تعبیه ادوات مجزا جهت پمپاژ و سیرکولاسیون مبرد ندارند بنابراین فضای مربوط به قرار گیری چیلر ها و پمپ ها در موتور خانه طبقه منفی شش آزاد شده و میتواند به پارکینگ الحاق گردد ، نظر به اینکه گرمایش فضا ها نیز توسط سیستم DX و با مصرف برق صورت می پذیرد و از طرفی کاربری پروژه اداری بوده و همچنین تعداد کم سرویس های بهداشتی و عدم وجود دوش در سرویس های بهداشتی طبقات ، می توان از پکیج های آبگرم در هر طبقه استفاده نمود که علاوه بر حذف کامل فضای موتور خانه مربوط به تهویه مطبوع ساختمان و منابع کویلی ، موجب تفکیک و استقلال طبقات و صرفه جویی قابل ملاحظه ای در مصرف انرژی جهت آبگرم مصرفی خواهد شد .لازم به ذکر است در صورت استفاده از سامانه VRF نیازی به تعبیه موتور خانه میانی نخواهد بود . یونیت های خارجی در این آلترناتیو می توانند در هر طبقه در اتاق هواساز و در مجاورت گریل تعبیه شده نصب گردد و یا همگی در پشت بام و یا به صورت ترکیبی در بام روی سالن آمفی تئاتر قرار گیرند که در این صورت فضای های مربوط به اتاق های هواساز در هر طبقه نیز می تواند به فضای اداری اضافه گردد.

وزن مجموع کلیه یونیت های خارجی در این آلترناتیو **۴۷ تن** بوده که با توجه به پخش شدن یونیت های خارجی در پشت بام ساختمان و بام سالن آمفی تئاتر یا قرار گیری در طبقات مختلف ، نسبت به چیلر هوا خنک تنش به مراتب کمتری به سازه ساختمان وارد میسازد .

۲- مقایسه شرایط طراحی ، اجرا ، نصب ، کنترل اتوماتیک و تعمیر و نگهداری سامانه

طراحی

شبکه لوله کشی سامانه VRF به صورت Branch بوده و نسبت به لوله کشی سرمایش و گرمایش چیلر فن کویل ساده تر می باشد و ادوات و تجهیزات وابسته کمتری دارد و در نتیجه طراحی آن برای مهندسین طراح آسان تر خواهد بود ولی از نقطه نظر طراحی هر دو سامانه قابلیت تأمین کلیه موارد مد نظر طراح مکانیکال را دارند و در این خصوص هیچکدام مزیتی نسبت به یکدیگر ندارند .

اجرا

اجرای شبکه لوله کشی VRF با توجه به جنس لوله که از نوع مسی می باشد از حساسیت بیشتری نسبت به شبکه لوله کشی چیلر فن کویل برخوردار است و نیازمند استفاده از اکیپ متخصص می باشد . ضمن اینکه بر خلاف شبکه لوله کشی سامانه چیلر فن کویل که برای انواع برندهای تأمین کننده چیلر یکسان است طراحی شبکه لوله کشی سامانه VRF برای هر برند متفاوت بوده و درصورت نصب تجهیزات هر برند بر روی لوله کشی اجرا شده برای سایر برند ها سیستم عملکرد مطلوب نخواهد داشت . لذا در صورت استفاده از سامانه VRF لازم است پیش از اجرای شبکه لوله کشی در خصوص برند آن نیز تصمیم گیری شود . به طور معمول هزینه اجرای لوله کشی سامانه VRF با در نظر گرفتن هزینه اجرت و مصالح در حدود **۱۵تا ۲۰ درصد** هزینه خرید تجهیزات می باشد. هزینه اجرای لوله کشی (هزینه اجرت و مصالح) سامانه چیلر هوا خنک نیز در حدود **۱۰تا ۱۵درصد** هزینه خرید تجهیزات می باشد .

بر خلاف شبکه لوله کشی چیلر فن کویل شبکه لوله کشی VRF به دلیل عدم خاصیت خورندگی مبرد ، دچار خوردگی نمی شود و نسبت به مرور زمان کیفیت اولیه خود را حفظ می نماید در صورتی که شبکه لوله کشی چیلر فن کویل حتی در صورت نصب سختی گیر به مرور زمان دچار فرسایش و رسوب می گردد.

After 2~3year

10%

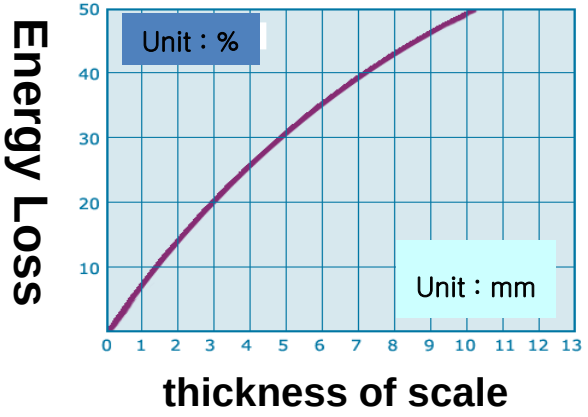
After 5~6year

25~30%

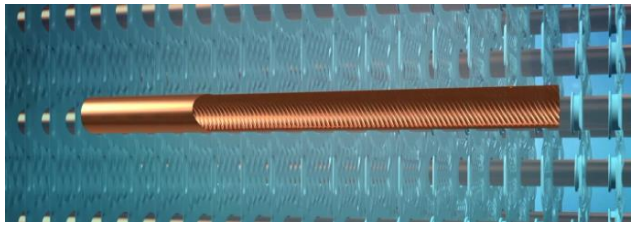
After 7~8year

35~40%

سامانه چیلر -فن کویل یا هواساز



سامانه VRF

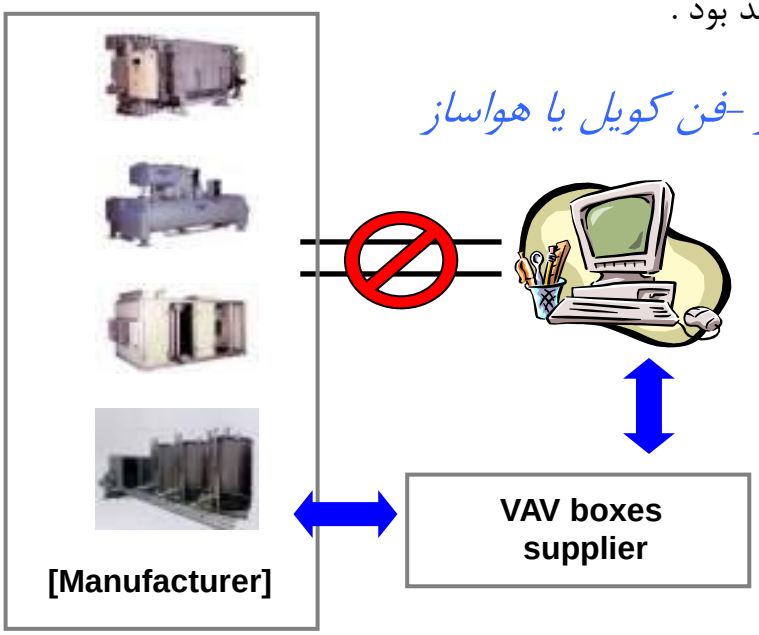


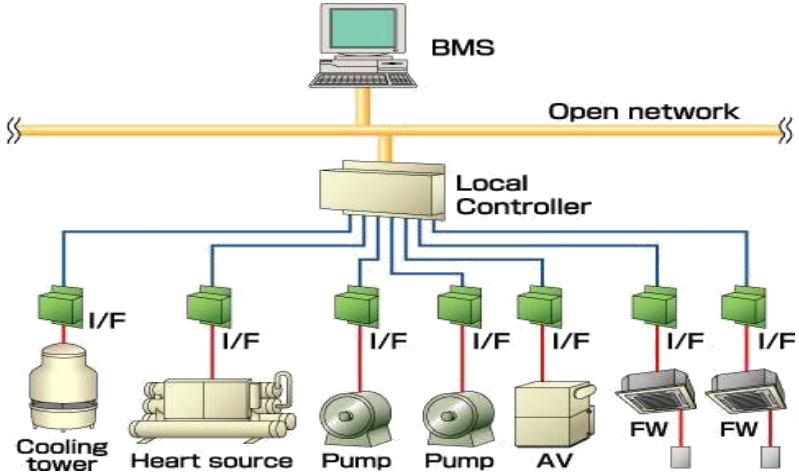
با توجه به اینکه مبرد ها خاصیت خورندگی نداشته و رسوب زا نیستند ، شبکه لوله کشی همواره کیفیت ثابت خواهد داشت.

قابلیت کنترل اتوماتیک

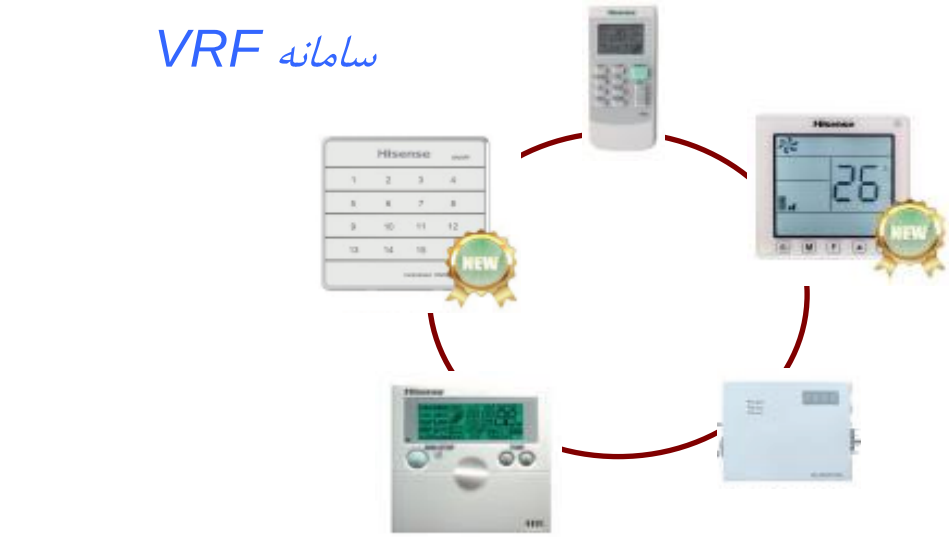
سامانه چیلر فن کویل به دلیل وجود تعدد ادوات مکانیکی با عدم فهم الکترونیکی نیازمند تعبیه تجهیزات بسیار پیچیده جهت کنترل اتوماتیک می باشد ، ولی سامانه VRF به آسانی و بدون نیاز به اضافه شدن تجهیزات کنترلی خارجی، این قابلیت را برای کاربران این سامانه فراهم می نماید ، ضمن اینکه شبکه سیم کشی و قابلیت اتصال به BMS سامانه VRF به مراتب از سامانه چیلر ساده تر خواهد بود .

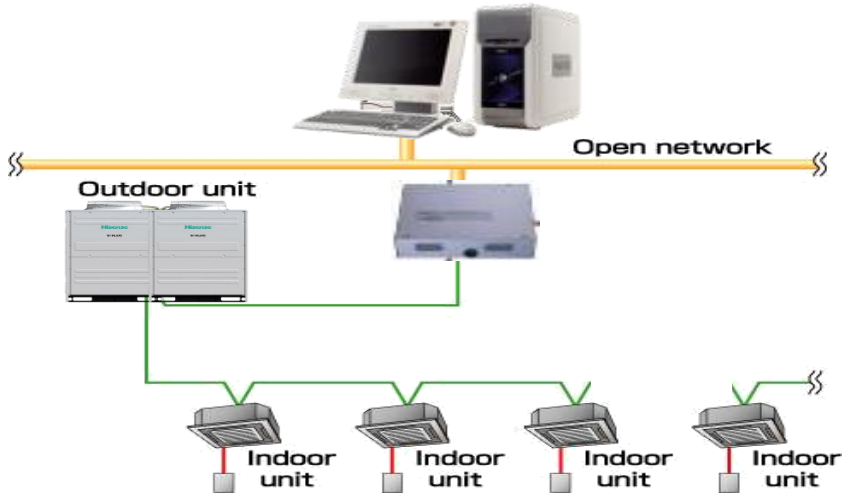
سامانه چیلر -فن کویل یا هواساز





سامانه VRF





تعمیر و نگهداری

با توجه به اینکه سامانه VRF نسبت به سامانه چیلر فن کویل از اداوت کمتری تشکیل شده ، حجم تعمیر نگهداری کمتری نسبت به سامانه چیلر دارد و به دلیل استفاده از مبرد درون شبکه نیازی به سرویس های دوره ای درون شبکه ای نخواهد داشت. ضمن اینکه سرویس های فصلی و سالیانه سامانه VRF برخلاف سامانه چیلر نیاز به اکیپ متخصص ندارد و در نتیجه هزینه تعمیر و نگهداری کمتری برای بهره بردار خواهد داشت .

سایر مزایای سامانه چیلر اسکرو هوا خنک فن کویل

- عدم نیاز به سختگی گیر با ظرفیت بالا.
- معمول بودن سیستم در داخل کشور.
- قیمت اولیه کمتر.
- آشنایی اکثر پرسنل تعمیر و نگهداری با سیستم.

مصرف برق زیاد ، اشغال فضا زیاد در پشت بام ، ارتعاش و سطح صدای زیاد نیز از معایب این سامانه می باشد.

سایر مزایای سامانه VRF

- کاهش قابل ملاحظه داکت های تأسیساتی.
- قابلیت کنترل دمای جداگانه هر فضا با تلورانس نیم درجه سانتیگراد نسبت به دمای تنظیم شده.
- قابلیت کارکرد مجزای هر بخش و تعریف برنامه زمان بندی فعالیت برای سیستم.
- قابلیت کار کرد بخشی از فضا ها در شب ها و ایام تعطیلات مادامی که سایر قسمت ها خاموش هستند .
- قابلیت نصب و راه اندازی کل سامانه در یک مرحله و قابلیت حمل و نقل آسان یونیت های خارجی (حتی پس از اتمام ساخت و ساز پروژه)
- انواع پروتکل های محافظتی و Backup درون سامانه که موجب عدم از کارافتادن سامانه در هنگام خرابی بخشی از آن میشود.

هزینه اولیه بیشتر ، لزوم حضور به پرسنل تخصصی شرکت های تأمین کننده در صورت نیاز به خدمات و تعمیرات نیز از معایب این سامانه می باشد.