

Informações para projetistas do sistema HVAC da atualidade

Boletim informativo de engenharia

volume 45-2

economizadores do lado da água Mantendo o “Free” no Free-Cooling

Este EN revisa o tópico de um boletim informativo de 2008 e fornece uma base para discussões adicionais sobre a aplicação e controle do economizador do lado da água.

Há seis etapas básicas para projetar e operar um economizador do lado da água:

- Identificar a aplicação correta
- Selecionar e dimensionar
- Determinar os pontos de controle
- Proteger o chiller e a torre
- Prever o valor do modo integrado
- Proporcionar economia de energia

Para proporcionar essa economia de energia, o sistema deve ser projetado e controlado de forma adequada.

Identificar as aplicações corretas

A primeira etapa crucial para escolher com êxito um economizador do lado da água não pode ser negligenciada: identificar as aplicações certas. Os economizadores do lado da água geralmente são menos eficazes na economia de energia do que os do lado do ar. Isso porque há mais trocadores de calor entre a fonte do resfriamento gratuito e a carga de resfriamento. Cada trocador de calor “perde” alguns graus de resfriamento, isto é, a temperatura de aproximação. Cada transferência de resfriamento exige equipamentos que consomem energia, como os ventiladores do condensador, bombas de água do condensador e bombas de água gelada.

Portanto, é essencial selecionarmos as aplicações corretas e controlarmos o sistema de maneira inteligente para economizar energia.

Há várias razões para projetar um sistema capaz de usar um economizador do lado da água.

Às vezes, a instalação de economizadores do lado do ar é impraticável. Na maioria dos sistemas de ar externos dedicados, a vazão de ar é dimensionada para a taxa de ventilação mínima exigida por norma. Portanto, mesmo que o ar externo seja adequado para o resfriamento, o sistema não será capaz de fornecer “100% da quantidade do ar de alimentação previsto no projeto como ar externo para resfriamento”, conforme exigido pela Norma ASHRAE 90.1 para economia do lado do ar.

Outra restrição pode ser causada por preferências ou problemas relacionados à arquitetura do sistema mecânico central.

E se meu sistema preferível não puder utilizar nenhum dos tipos de economizador?

Os padrões energéticos e códigos de modelo não têm exceções gerais para esses sistemas. No entanto, há um número de exceções a se considerar. Para terminais pequenos <54.000 Btu/h, de acordo com a Norma ASHRAE 90.1-2013, nenhum economizador é necessário.

Sistemas com recuperação de calor de condensador podem enquadrar-se com uma exceção. Os chillers resfriados a ar que atendem a equipamentos centrais podem usar a compensação de eficiência para equipamentos (Tabela 1), recuperação de calor de condensador ou dessuperaquecedores, ou incluir um circuito de resfriamento gratuito.

Método de compensação de eficiência do equipamento

A Norma ASHRAE 90.1-2010 e posterior fornece uma nova exceção para o requisito de economizador. A norma calculou retroativamente uma melhoria de IPLV ou IEER por zona climática que proporcionaria uma economia de energia equivalente (Tabela 1).

Tabela 1. Norma ASHRAE 90.1-2013, 6.5.1-3

Zona climática	Melhoria da eficiência de carga parcial
2A	17%
2B	21%
3A	27%
3B	32%
3C	65%
4A	42%
4B	49%
4C	64%
5A	49%
5B	59%
5C	74%
6A	56%
6B	65%
7	72%
8	77%

Às vezes, a instalação de economizadores do lado do ar não é desejada.

As aplicações do economizador do lado do ar que trazem ar seco podem consumir mais energia, se a umidificação for necessária. A Norma ASHRAE 90.1 exige que, se espaços forem umidificados acima do ponto de orvalho de 1,6 °C (35 °F), os sistemas que atendem essas áreas deverão, quando necessário, usar um economizador a água.

Projetistas de aplicações de resfriamento de processos, como aqueles empregados em data centers, talvez se preocupem com as características do ar para esse modo de economizador ou, ainda, com o mau funcionamento dos dampers de ar externo.

Às vezes, a recuperação de calor do condensador é impraticável.

Sistemas com recuperação de calor do condensador de capacidade suficiente recebem uma exceção para economizador. Deixar de lado o resfriamento mecânico quando a temperatura externa é baixa reduz as horas de aquecimento e resfriamento simultâneos — condições essas que são essenciais para fazer os sistemas de

recuperação de calor funcionarem. O calor rejeitado pelo sistema de resfriamento compensa o aquecimento necessário em outro sistema. O melhor sistema seria aquele que usa o economizador para compensar apenas a parte da carga de resfriamento que não é necessária para satisfazer a carga de aquecimento, comumente chamado de economizador de eliminação de carga.

Faz sentido ter um economizador a água na minha aplicação?

Considere cuidadosamente o perfil de carga esperado. Escritórios e hospitais constituem duas aplicações onde perfis de carga prototípicos usam sistemas resfriados a água e estão disponíveis em uma ampla faixa de climas. Esses perfis podem ser encontrados no myPLV™ da Trane ou ao exportar as informações meteorológicas e de carga fornecidas pelo TRACE a cada hora para um software de planilhas.

Usando esses dados, é possível traçar um gráfico da carga de resfriamento em função da temperatura de bulbo úmido (TBU), que é a força motriz do ciclo do

economizador a água.

A Figura 1 ilustra as diversas oportunidades para o ciclo do economizador do lado da água. Os gráficos comparam a plotagem dos dados de um hospital e de um escritório em um clima 4A. A área sob a linha preta à esquerda de, suponhamos, TBU de 10 °C (50 °F) representa o valor de tonelada/hora que pode ser fornecido, total ou pelo menos parcialmente, por um ciclo do economizador do lado da água. O escritório fica desocupado durante muitas das horas em que o valor está abaixo do TBU de 10 °C (50 °F), o que reduz a oportunidade de economia dos economizadores do lado da água. Por outro lado, o hospital requer mais ventilação, então o sistema dele já traz mais ar externo para contribuir com o efeito de economia parcial do lado do ar durante essas horas em que as condições de operação são mais frias.

Há um resumo das oportunidades de uso de economizadores do lado do ar para os perfis de carga do hospital e do escritório na Tabela 2. Isso constitui o resfriamento gratuito sacrificado, quando um economizador do lado do ar não é utilizado.

Figura 1. Distribuição das horas de funcionamento e resfriamento de um hospital e um escritório na zona 4A

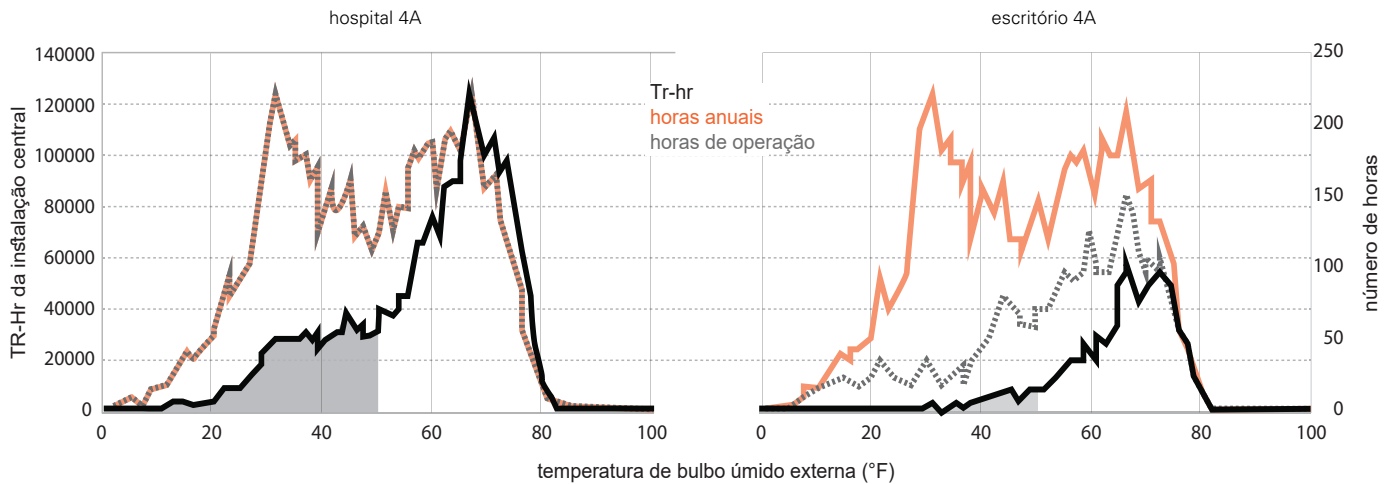


Tabela 2. Resumo da operação e carga deslocada pelo economizador do lado do ar

zona climática	tipo de prédio	carga das instalações no chiller sem o economizador (Tr-hr)	horas de operação anual das instalações	compensação da carga de resfriamento pelo economizador do lado do ar (Tr-hr)	valor de Tr-hr do economizador do lado do ar (%)	horas de operação do economizador	horas deslocadas das instalações com o economizador do lado do ar (%)
1A	escritório	2.681.687	5.806	2.601	0,1	55	0,9
2A	escritório	2.020.071	5.022	9.546	0,5	225	4,5
3A	escritório	1.414.396	4.240	12.386	0,9	358	8,4
4A	escritório	1.123.020	4.033	75.286	6,7	995	24,7
5A	escritório	918.012	3.935	97.335	10,6	1.352	34,4
1A	hospital	5.547.962	8.760	20.207	0,4	86	1,0
2A	hospital	4.628.842	8.759	253.285	5,5	1.412	16,1
3A	hospital	3.667.161	8.758	516.296	14,1	2.605	29,7
4A	hospital	3.109.749	8.729	683.872	22,0	3.769	43,2
5A	hospital	2.635.926	8.596	722.553	27,4	4.426	51,5

O resumo mostra claramente que alguns tipos de prédio são mais favoráveis do que outros para qualquer estilo de economia, provavelmente em função de como as cargas de ventilação e as horas de operação desses edifícios coincidem com as condições externas adequadas.

Selecionar e dimensionar

Vários estilos de economizadores do lado da água são comuns. O EN 2008 comparou diferentes tecnologias, layouts de sistema e métodos de controle para economizadores do lado da água. As conclusões alcançadas podem ser resumidas da seguinte maneira:

- Os benefícios da posição lateral incluem o carregamento preferencial do economizador e controle da temperatura a jusante com chillers, além de uma transição potencialmente menos inconveniente para a entrada e saída do modo de resfriamento gratuito do economizador do lado da água, já que o chiller a jusante será descarregado ou carregado para alcançar o setpoint.
- Um trocador de calor de resfriamento gratuito dedicado fica cerca de 0,8 °C (1,5 °F) mais próximo da temperatura de bulbo úmido do que o chiller por termostato integrado. Por outro lado, o termostato exige menos manutenção, tem um menor custo inicial e provavelmente menor queda de pressão, devido ao seu trocador de calor de casco e tubo.
- Encerrar ou deixar o modo de resfriamento gratuito por economizador do lado da água exige a tomada de decisões sobre a utilidade do ciclo.

(Mais sobre isso mais adiante neste boletim informativo.)

De quanta capacidade o economizador do lado da água precisa?

A Tabela 3 mostra uma tabela dinâmica para o hospital no clima 4A. Extrair as informações meteorológicas e sobre as cargas fornecidas a cada hora para uma planilha é útil para resumir e visualizar quanta carga pode ser esperada a uma determinada temperatura de bulbo úmido e por quantas horas. Neste exemplo, não havia:

- horas com cargas abaixo de 10% a uma TBU de 1 °C (34 °F), nem abaixo de 15% a uma temperatura de TBU de 5,5 °C (42 °F) ou superior
- horas com cargas acima de 25% a uma TBU de 2,7 °C (37 °F) ou inferior
- horas com cargas acima de 30% a uma TBU de 7 °C (45 °F) ou inferior

Essas observações serão úteis ao avaliar potenciais pontos de controle para o sistema.

Atender aos requisitos prescritivos no código de energia. A menos que haja uma isenção, a capacidade mínima do economizador a água é determinada pela carga de resfriamento esperada a uma determinada temperatura de bulbo seco (TBS) externa e condição de TBU. Para aplicações de resfriamento de conforto, essas condições são TBS de 10 °C/TBU de 7 °C (50 °F/45 °F).

Carga esperada com TBS de 10 °C/TBU de 7 °C (50 °F/45 °F).

Para atender a esse requisito, é necessário ter um perfil de carga previsto para o ano. Nos dados do exemplo do hospital,

havia 39 horas a uma temperatura de TBU de 7 °C (45 °F) com TBS de 10 °C (50 °F) ou menos, com uma carga que não ultrapassava os 25% nessas condições. Este é tamanho mínimo de economizador do lado da água para cumprir o código.

Integrar com resfriamento mecânico.

A Seção 6.5.1.3 *Controle de Economizador Integrado* da ASHRAE 90.1 estabelece:

“Os sistemas de economizador devem ser integrados [...] e capazes de fornecer resfriamento parcial quando resfriamento mecânico adicional for necessário para atender à demanda da carga de resfriamento restante”

Não há uma definição de como essa integração deve ser feita. Combinar água a duas temperaturas diferentes (uma ligeiramente mais quente do economizador do lado da água com outra mais fria vinda do chiller de resfriamento mecânico) é aceitável, embora normalmente não seja praticado de forma intencional.

O valor desse modo é incerto. O software de simulação energética raramente mostra uma diferença significativa entre uma operação integrada e não integrada do economizador. Independentemente de seu valor, os códigos de modelo atuais exigem a integração. Voltaremos a esse tópico mais tarde neste boletim informativo.

Determinar a temperatura máxima da água gelada. A quantidade de resfriamento que pode ser obtida pelo economizador do lado da água depende da temperatura desejada da água gelada. Será que é o setpoint da água gelada normal? Ou será que o sistema é capaz de tolerar água mais quente? Em caso afirmativo, quão quente?

Tabela 3. Número de horas pela carga esperada e temperatura de bulbo úmido

carga de resfriamento (%)	temperatura de bulbo úmido externa																				total de horas					
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		47	48	49	50	
5	30	16	16	14	10	6	1																		93	
10	68	93	124	158	138	152	120	58	61	21	16	15	10	4	2										1040	
15		9	12	27	60	62	76	103	103	117	114	105	99	54	70	68	35	33	22	6	2	3			1180	
20						2	5	20	25	28	40	30	47	45	60	53	58	47	61	45	57	44	48	42	757	
25											4	8	7	12	13	18	30	29	34	39	21	26	24	27	47	339
30															3	2	2	4	14	31	40	41	44	36	26	273
40																					2	1	4	7	7	21
total de horas	98	118	152	199	208	222	202	181	189	170	178	157	171	118	152	155	136	145	162	115	130	111	112	122	3703	

Alguns sistemas que usam economizadores do lado da água também usam equipamentos de resfriamento sensível, como viga fria ou forro radiante. Esses dispositivos usam água consideravelmente mais quente para resfriamento, para manter a temperatura da superfície acima do ponto de orvalho do espaço ao redor e, assim, evitar a condensação não intencional. Os sistemas convencionais também podem tolerar água gelada mais quente, especialmente quando as cargas são baixas e quando o ar externo é menos úmido — condições normalmente esperadas quando o modo de economizador a água está ativo.

Determinar os pontos de controle

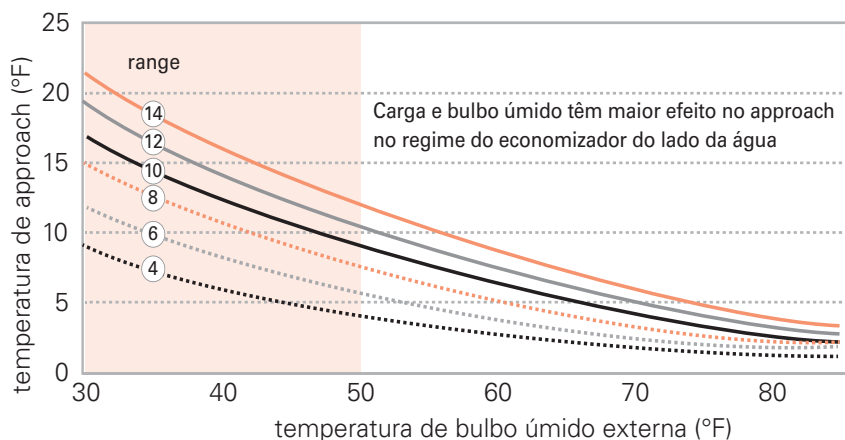
Prever se o sistema será capaz de atender à carga de resfriamento do dia corrente com o economizador do lado da água envolve, grosso modo, duas partes de experiência e uma de alquimia.

A maioria dos sistemas de água gelada, devido à experiência adquirida, “sabe” quando algo vai funcionar e quando provavelmente não vai. Injetar esse conhecimento tribal em um algoritmo de controle pode ser uma tarefa difícil. O objetivo é prever à qual temperatura a torre de resfriamento pode chegar antes que seus ventiladores sejam colocados na velocidade total, para então cancelar o algoritmo de controle de temperatura ideal para o resfriamento mecânico.

Desempenho da torre. Para determinar se as torres são capazes de esfriar a água o suficiente sem precisar sempre levar à torre ao máximo resfriamento possível à custa da energia do ventilador, precisamos prever o desempenho da torre. Muitos acreditam erroneamente que a torre é capaz ou fará um approach constante à temperatura de bulbo úmido. Isso é simplesmente irreal.

A temperaturas mais baixas de bulbo úmido, o ar ambiente que entra na torre também não absorve umidade. A menos

Figura 2. Efeito de carga (ΔT da torre de resfriamento ou range) e bulbo úmido na aproximação da torre



que a carga seja bastante baixa (e talvez de fato ela seja), a temperatura de saída da torre é, ao contrário do que intuitivamente se esperaria, incapaz de chegar a uma temperatura próxima à mais baixa do bulbo úmido (Figura 2).

Uma ferramenta de planilha para cálculo de torre ajustada para dada combinação de torre e capacidade de modulação de fluxo, pode ser útil para determinar pontos de controle.

Número de células da torre a serem operadas. O número de células da torre que podem ser operadas é uma variável relevante no que diz respeito às previsões de desempenho. Um método para prevenir um alto grau de uso de energia do ventilador da torre no modo de economizador é distribuir a vazão por mais células da torre. Os ventiladores da torre funcionam na mesma velocidade (idealmente baixa), e a torre deve ser projetada para esta vazão reduzida.

No entanto:

- Se a vazão de água de água for excessivamente baixa, poderá haver congelamento ou formação de escamas, sugerindo que seria melhor desligar uma célula da torre.

Porém, a falta de vazão através de células isoladas da torre pode causar congelamento.

- Equilibre a energia do condensador/bomba quando os ventiladores da torre estiverem na velocidade mínima. Se um número demasiado de células funcionar na velocidade mínima do ventilador, o aumento da energia do condensador/bomba necessário para atingir a vazão suficiente de água na célula limitará a economia de energia proporcionada pelos ventiladores da torre.
- É necessário conhecer o fluxo e a vazão dos trocadores de calor e o fluxo mínimo das torres e modificar a sequência de acordo.

Exemplo dos pontos de controle. A Tabela 4 sobrepõe potenciais pontos de controle no perfil de carga apresentado na Tabela 3. As cargas agrupam-se em três regimes, com base na temperatura de bulbo úmido. Uma ferramenta de cálculo de torre foi utilizado para estimar o desempenho e determinar o número de células a serem operadas na carga mais alta esperada para dada temperatura de bulbo úmido.

Tabela 4. Carga do hospital esperada a cada temperatura de bulbo úmido

carga de resfriamento (%)	temperatura de bulbo úmido externa (°F)																				total de horas								
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		47	48	49	50				
5	30	16	16	14	10	6	1																	93					
10	68	93	124	regime 1: todos os chillers desligados, 1 célula de torre, setpoint da torre de 7 °C (45 °F)				8	61	21	16	15	regime 2: todos os chillers desligados, 2 células de torre, setpoint da torre de 8 °C (47 °F)						33	22	regime 3: modo integrado, um chiller ligado, 7 células de torre*, setpoint da torre de 8 °C (47 °F)					1040			
15	9	12	3					103	117	114	105	47							61	1180									
20			0					25	28	40	30	34							39	757									
25								4	8	7							34	39						339					
30													3	2	2	4	14	31	40	41	44	36	30	26	273				
40																								2	1	4	7	7	21
total de horas	98	118	152	199	208	222	202	181	189	170	178	157	171	118	152	155	136	145	162	115	130	111	112	122	3703				

O número de células em operação foi considerado adequado se, para uma dada temperatura de bulbo úmido e carga máxima esperada, o ventilador da torre estivesse abaixo de 100% da velocidade e a temperatura da água de saída estivesse abaixo do setpoint da temperatura máxima da água gelada de saída, menos de 2 a 3 graus da temperatura de approach do trocador de calor.

Regime 1: Todos os chillers estão desligados, uma célula da torre está ligada e configurada para uma temperatura da água de saída de 7 °C (45 °F) e o economizador do lado da água está ativado

Regime 2: Todos os chillers estão desligados, duas células da torre estão ligadas e configuradas para uma temperatura da água de saída de 8 °C (47 °F) e o economizador do lado da água está ativado

Regime 3: O chiller de resfriamento mecânico principal está ligado, três células da torre estão abertas e configuradas para a temperatura da água de saída de 8 °C (47 °F), o economizador do lado da água está ativado e o controle de pressão de altura manométrica do chiller é feito conforme necessário. Uma vez iniciado o chiller principal, é possível adicionar outra célula da torre. O chiller adiciona um trocador de calor ao sistema, de modo que o fluxo do condensador aumenta o suficiente para suportar o fluxo de outra célula da torre. Como alternativa, considere o uso de uma torre dedicada ou de resfriamento a ar para o chiller principal.

Proteger o chiller e a torre

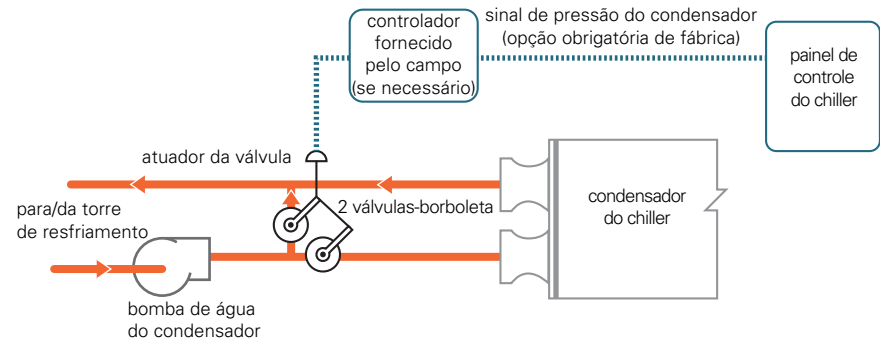
Planejamento para torres frias. Em muitos climas, o economizador do lado da água requer uma torre de resfriamento preparada para o inverno. Como espera-se que a torre opere quando estiver frio do lado externo, ela não pode estar sujeita a uma drenagem sazonal.

Uma derivação deve ser utilizada no controle de altura manométrica do chiller, de modo que a vazão da torre possa ser superior à vazão do condensador quando necessário, o que garantirá tanto a proteção contra o congelamento quanto a cobertura adequada do enchimento.

Considere cuidadosamente as partes externas do sistema que estão fora ou isoladas da carga do edifício:

- Use um reservatório interno ou seco, aquecedores na bacia
- Instale o aquecimento no sistema de água de reposição
- Se estiver usando uma derivação da

Figura 3. Método de controle de pressão de altura manométrica para o economizador integrado do lado da água



torre, válvulas de estrangulamento ou bombas do condensador de velocidade variável para o controle da pressão de altura manométrica do chiller, certifique-se de que a vazão mínima da torre seja sempre atingida, para evitar o congelamento.

- É preferível uma derivação do condensador. Veja a próxima seção.

Planejamento para o controle de pressão de altura manométrica do chiller. Operar o compressor do chiller e, ao mesmo tempo, continuar a levar à torre de resfriamento a uma temperatura mais baixa requer um planejamento para o controle da pressão de altura manométrica do chiller. As aplicações sem economia no lado da água, embora não sejam as únicas onde isso acontece, podem apresentar uma menor expectativa de horas de operação nessa condição.

A coordenação cuidadosa entre o chiller e os controles do sistema é crucial (observe os pontos não entendidos do escopo). Muitos chillers mais novos têm a capacidade de controlar diretamente seu próprio dispositivo de pressão de altura manométrica — o que é preferível. Os chillers mais novos também podem ignorar seletivamente a chave de fluxo do condensador durante o modo de controle de pressão de altura manométrica. Além disso, os chillers devem ser capazes de realizar uma partida invertida, que é definida como a situação em que o condensador está a uma pressão inferior àquela do evaporador.

O empreiteiro responsável pelos controles deve ser alertado sobre o tempo permitido para atingir a pressão diferencial necessária, visto que nem todos os tipos de chiller têm os mesmos requisitos. Por exemplo, a pressão diferencial em um chiller parafuso deve ser alcançada em dois minutos. Nesse tipo de chiller, óleo é usado para criar a vedação de compressão. Os chillers centrífugos são mais tolerantes a baixas pressões diferenciais por períodos mais longos (20 minutos é normalmente aceitável).

Há cinco métodos de controle de pressão de altura manométrica para chillers resfriados a água, sendo que alguns são mais adequados para sistemas com economizadores do lado da água. A Figura 1 mostra o método preferencial; outros métodos são descritos e ilustrados em vários Boletins de engenharia da Trane. Alguns métodos têm desvantagens quando empregados para o controle de pressão de altura manométrica durante o modo de economizador do lado da água.

O método de **derivação do condensador** é preferível para o modo de economizador do lado da água, pois permite que a vazão da torre permaneça alta, o que fornece a cobertura de enchimento adequada para evitar congelamento ou degelo, com controle de pressão de altura manométrica de ação rápida no chiller (Figura 3).

No método de **velocidade do ventilador da torre, o controle do setpoint da temperatura de saída** simplesmente redefine um setpoint mais alto da temperatura da água de saída da torre quando solicitado pelo controlador do chiller. A ação nesse método é lenta e está em desacordo com os pontos de controle do economizador do lado da água. Utilize esse método ao entrar e sair do modo de economizador, mas não como controle de pressão de altura manométrica.

A **derivação da torre** pode constituir um método problemático para o modo de economizador do lado da água, pois sua capacidade de gerenciar a pressão de altura manométrica do chiller será restringida pela vazão mínima necessária da torre. Quando se espera que os sistemas operem por mais do que períodos transitórios no modo de pressão de altura manométrica, a derivação da torre é menos desejável, embora sua ação seja rápida. Outro problema com esse método é que é típico compartilhar uma derivação de torre comum em todos os dispositivos, por isso um ou mais dos dispositivos economizadores do lado da água podem exigir uma vazão de torre maior do que os outros.

O método de válvula de estrangulamento ou bomba do condensador de fluxo variável,

quando disponível de acordo com o chiller, pode ter um efeito semelhante ao de derivação do condensador, mas pode dificultar a distribuição adequada de vazão do número preferível de células da torre enquanto atende aos requisitos de pressão de altura manométrica.

Por todas essas razões, a derivação do condensador e o controle de velocidade da torre são preferíveis para os economizadores do lado da água.

Valor do modo de economizador integrado

Parar ou não o economizador do lado da água se ele deixar de atender a toda a carga de resfriamento.

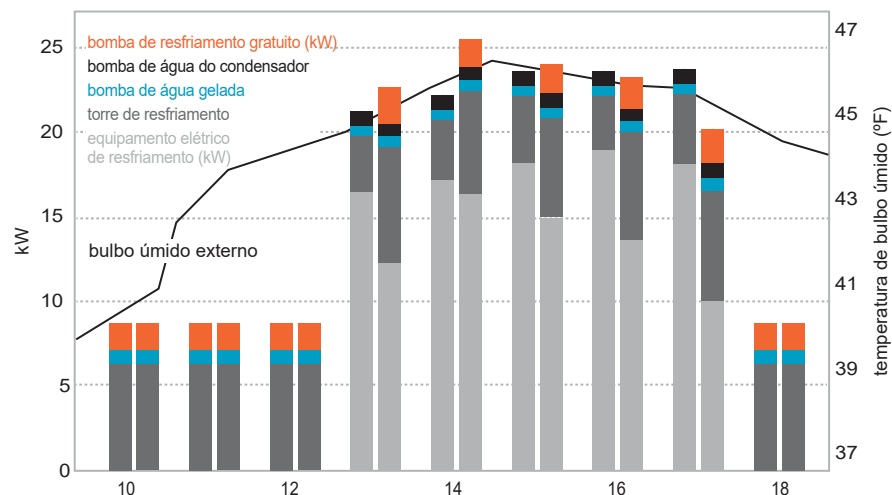
Um dos mais acirrados debates que perdura por muitos anos é se o modo de economizador integrado realmente traz valor. Os dois pontos de vista podem ser resumidos da seguinte forma:

- Integrar o resfriamento gratuito e mecânico. O código exige isso (então, deve ser a coisa certa a fazer), e, ainda, é mais fácil iniciar e encerrar se o chiller estiver em série com o dispositivo economizador do lado da água.
- Modelos energéticos e outros cálculos sugerem o contrário. O resfriamento gratuito integrado geralmente não economiza muita energia e complica os controles no chiller principal, ou ele atende à quantidade total da carga ou é descontinuado.

Com base nos códigos energéticos do modelo, a integração venceu o debate. Porém, deveria ter vencido? Todas as regras devem ser reavaliadas periodicamente, e não devemos supor que todas as aplicações reajam da mesma maneira. As cargas de data centers são bastante constantes no decorrer de um ano; as de um escritório, não.

A chave é conhecer a provável eficiência do sistema de resfriamento mecânico (apenas) quando o economizador do lado da água deixa de ser capaz de atender à carga total. Embora possa ser difícil estabelecer isso como ponto de controle, nossos modelos de construção oferecem orientação. Como os ventiladores da torre, as bombas de água do condensador e os chillers estariam em um ponto operacional

Figura 4. Resfriamento gratuito integrado em novembro



diferente do que estariam de outra forma, não podemos apenas olhar para a previsão energética só do chiller.

Considere a operação em um dia de outono, no modo de resfriamento gratuito (Figura 4). Para cada hora, a coluna direita é a alternativa de resfriamento gratuito em série ou integrado. A coluna da esquerda é a alternativa de refrigeração livre paralela, tudo ou nada e não integrada.

Quando o ciclo do economizador já não é capaz de atender a toda a carga (cinco das nove horas em que as instalações estão em operação), a permanência no modo de economizador após a partida do chiller causará um maior gasto de energia do que se o resfriamento fosse apenas mecânico. Como isso é possível?

Embora o consumo de energia do chiller seja reduzido no modo integrado, o consumo da torre e da bomba aumenta mais do que a taxa de redução da do chiller, superando o nível de qualquer economia potencialmente obtida.

Os ventiladores da torre de resfriamento, a bomba do economizador e a de água do condensador operaram em níveis mais altos na alternativa integrada.

Mesmo que a necessidade de uma bomba do economizador fosse projetada fora do sistema, o modo integrado ainda usaria no geral mais energia do que a alternativa sem integração. Um chiller principal de velocidade fixa foi utilizado no exemplo em questão. O modo não integrado se sobressai de forma mais significativa com um chiller principal com velocidade variável.

Além disso, o economizador do lado da água “rouba” a carga do chiller, o que leva este a um ponto operacional menos eficiente. Quando a carga está baixa, o valor de kW/ton do chiller é relativamente alto, ou seja, não é muito eficiente — mesmo quando um compressor de velocidade variável é utilizado. Isso porque uma parte da energia do chiller é constante. Quanto menor o nível de trabalho (toneladas), menor será a eficiência. Deixar os ventiladores da torre operando em alta velocidade para continuar o ciclo enquanto as velocidades da bomba do condensador e da bomba de água gelada também estão altas, cria o exemplo metafórico clássico do cão que persegue seu próprio rabo.

É por isso que as comparações entre o modo de economizador integrado e não integrado desafiam as expectativas dos engenheiros e dos modeladores de energia e resultam em um consumo energético anual do sistema muito parecido.

Proporcionar economia de energia

Isso nos traz a algumas considerações finais no que diz respeito ao encerramento do modo de economizador do lado da água. Para qual quantidade de resfriamento gratuito ele vale a pena? Em vez de presumir que segurar a temperatura da água de retorno em alguns graus é suficiente, é melhor entender como todo o sistema funciona no modo de economizador e identificar o desempenho do sistema alternativo no modo de resfriamento mecânico.

Tabela 5. Desempenho das instalações do chiller (chiller, torre, todas as bombas)

	com reset da água gelada	sem reset da água gelada
Energia a 20% da carga das instalações	CHWSP 9,4 °C (49 °F) LCWT ~17 °C (64 °F)	CHWSP 7 °C (45 °F) LCWT ~16 °C (61 °F)
chiller e bomba de água do condensador de velocidade fixa, torre e bomba de água gelada de velocidade variável	0,758 kW/TR	0,745 kW/TR
chiller, torre e bomba de água gelada de velocidade variável, bomba de água do condensador de velocidade fixa	0,451 kW/TR	0,440 kW/TR

Um chiller principal de velocidade variável operando em baixa velocidade em conjunto com a sua bomba de condensador e ventiladores de torre podem usar 0,36 kW/TR. Determine esse número e use-o como um parâmetro para decidir se o resfriamento gratuito é de fato “gratuito”.

Reset da água gelada. Ao encorajar a extensão do modo de economizador, os efeitos do reset da água gelada no sistema, em algum ponto, limitam a economia potencial de energia. A redefinição da água gelada é aliada do economizador do lado da água, até deixar de ser. Esse término de relacionamento ocorre quando o chiller é iniciado e operado em um modo de controle de pressão de altura manométrica.

Liberar ou reduzir a redefinição da água gelada durante o controle de pressão de altura manométrica. Quando um chiller está no modo de controle de pressão de altura manométrica, um setpoint excessivamente quente para a água gelada perpetua a necessidade de utilização do controle de pressão de altura manométrica. Liberar ou reduzir a redefinição da água gelada pode até mesmo economizar energia; confira a Tabela 5. Fornecer água mais fria permite uma vazão de água gelada reduzida e, portanto, menor consumo de energia da bomba de água gelada. Devido à dinâmica de serpentina, os sistemas de fluxo variável com válvulas bidirecionais (que estejam operando corretamente) devem retornar a mesma água ou água mais quente para o trocador de calor de resfriamento gratuito, e não o contrário.

Considere a colocação de uma unidade de frequência variável no chiller mecânico principal, mas não deixe que a baixa carga do chiller no modo de economizador integrado acione a instalação ou operação da derivação de gás quente. Isso constituirá uma falsa carga e definitivamente não é o melhor caminho para economizar energia.

Se o objetivo é evitar que os ciclos do chiller em uma carga baixa, em vez da derivação de gás quente, adicione mais carga ao chiller reduzindo a carga realizada pelo economizador do lado da água. Se você também estiver preocupado com a baixa eficiência com baixas cargas do chiller no modo integrado, considere a instalação de um armazenamento térmico como um primeiro estágio de resfriamento suplementar.

Resumo

Projetistas devem avaliar a aplicação adequada dos economizadores do lado da água e planejar levando em conta as torres frias, partida a frio e a operação dos chillers.

Nos climas mais quentes, há menos horas propícias para a economia do lado da água. O perfil de carga deve ser considerado ao decidir se existem toneladas/horas e horas de operação suficientes em temperaturas de bulbo úmido desejáveis. A compensação de eficiência do equipamento pode ser uma opção melhor em alguns casos.

A disposição em série é mais fácil de controlar sem interromper o resfriamento, mas cuidado deve ser tomado para não estender o ciclo do economizador por muito tempo.

Uma vez que o chiller é iniciado, os resfriamentos livre e mecânico integrados podem apresentar um valor marginal quando o resfriamento mecânico é controlado de forma otimizada. Libere a redefinição da água gelada no modo integrado. Se o chiller principal do resfriamento mecânico tiver uma velocidade variável e/ou alta eficiência, encerre o modo de economizador mais cedo.

Elaborado por Susanna Hanson, engenheira de aplicações, e Jeanne Harshaw, gerente de programa, Trane. Você pode encontrar esta edição e anteriores do Boletim informativo de engenharia em www.trane.com/EN. Para fazer comentários, envie um e-mail para ENL@trane.com.

Referências

- [1] Hanson, S., “Resfriamento gratuito com economizadores do lado da água,” *Boletim informativo de engenharia*, 2008, Trane.
- [2] Hanson, S., “Norma ASHRAE 90.1-2010: Atualizações nos requisitos obrigatórios e prescritivos para sistema mecânico,” *Boletim informativo de engenharia*, 39-3, 2010, Trane.
- [3] Hanson, S., “Norma ASHRAE 90.1-2013 Destaques da seção de HVAC e energia,” *Boletim informativo de engenharia*, 44-1, 2010, Trane.
- [4] Lindahl, P., “Cold Weather Operation of Cooling Towers,” *ASHRAE Journal*, março de 2014.
- [5] Schwedler, M., “Effect of Heat Rejection Load and Wet Bulb on Cooling Tower Performance,” *ASHRAE Journal*, 2014.
- [6] Sullivan, B., “Facilite a escolha do chiller com o myPLY™,” *Boletim informativo de engenharia*, 44-4, Trane 2015.

Próximos programas ao vivo do Boletim informativo de engenheiros da Trane!

Regulagens de eficiência do ventilador e avanços tecnológicos. O AMCA (Air Movement and Control Association) estima que os ventiladores consomem entre 30 e 40% da energia comercial de HVAC. Melhorar a eficiência do ventilador é uma etapa importante em direção à redução geral do uso de energia em um prédio. Esse programa discute métricas comuns de eficiência dos ventiladores e explica as novas exigências regulamentares e padrões energéticos do setor. Os apresentadores também abordam recentes avanços tecnológicos dos ventiladores, incluindo rotores motorizados, ventiladores plenum de acionamento direto, matrizes de ventilador, opções otimizadas de motor, relação de aspecto variável e isolamento de vibração.

Acústica nas aplicações de HVAC externas. Esse programa revisa as etapas de análise necessárias para evitar reclamações sobre ruídos causados por equipamento de HVAC externos. Os tópicos incluem o equipamento e as opções de atenuação do som, localização do equipamento, leis de controle de ruídos, barreiras com paredes, superfícies reflexivas e cálculos de conversão da energia acústica em pressão sonora.

Entre em contato com o escritório local da Trane para obter detalhes sobre o evento.

www.Trane.com/bookstore

Aprenda estratégias de design HVAC e ganhe crédito



Ganhe crédito de educação continuada sob demanda para o LEED®. Programas sob demanda de 60 ou 90 minutos estão disponíveis sem nenhum custo. Os novos cursos incluem:

- *Sistemas de HVAC e economizadores do lado do ar*
- *Compressores de velocidade variável nos chillers*

Todos os cursos disponíveis em www.trane.com/continuingeducation.

Clínicas de ar-condicionado. Uma série de apresentações educacionais que ensinam sobre fundamentos, equipamento e sistemas do HVAC. A série inclui manuais coloridos do estudante, que podem ser adquiridos individualmente. Aprovado pelo American Institute of Architects para 1,5 (Saúde, Segurança e Bem-estar) unidades de aprendizado por clínica. Entre em contato com seu escritório local da Trane para se inscrever para o treinamento em sua área.

Boletim informativo de engenharia AO VIVO! Programas educacionais abordando aspectos específicos do projeto e controle de HVAC. Os tópicos variam de estratégias do sistema de água e aeroportuário até os padrões e códigos do setor do ASHRAE. Entre em contato com o escritório local da Trane para obter a programação e inscrever-se nos próximos eventos. Reveja os programas anteriores acessando www.trane.com/ENL.



Trane,
Uma empresa da Ingersoll Rand

Para obter mais informações, entre em contato com o escritório local da Trane ou envie um e-mail para comfort@trane.com

TRACE 700 v6.3.3 agora disponível

A versão mais recente do TRACE™ 700 está centrada na atualização e adição de bibliotecas padrão incluídas no programa.

Norma ASHRAE 90.1-2013, bibliotecas.

Anteriormente, a biblioteca do TRACE incluía equipamentos e construções para a 90.1-2004, 2007 e 2010. Isso agora foi expandido para incluir equipamentos e construções da 90.1-2013, para dar suporte ao LEED v5.

A biblioteca CVHS para o chiller CenTraVac™ da Série S da Trane

agora está disponível como biblioteca de equipamento de resfriamento no programa. Ela pode ser encontrada na categoria de chiller resfriado a água. Lembre-se de que você ainda pode importar as seleções de equipamento da Trane do TOPSS® para o TRACE.

Visite www.trane.com/trace para ver os detalhes da versão ou baixar uma versão de teste gratuito de 30 dias.



Manuais de aplicação. Guias de referência abrangentes que podem aumentar seu conhecimento prático dos sistemas HVAC comerciais. Os tópicos variam de combinações de componentes e conceitos de design inovadores a estratégias de controle do sistema, problemas do setor e fundamentos. A seguir são apresentados apenas alguns exemplos:

- Sistemas VAV com água gelada
- Sistemas de bombas de aquecimento com fonte de água e geotérmica
- Ventiladores
- Desumidificação nos sistemas de HVAC
- Sistemas de armazenamento de gelo
- Acústica no ar-condicionado

Visite www.trane.com/bookstore para obter uma lista completa dos manuais e fazer seu pedido.

A Trane acredita que os fatos e sugestões apresentados aqui são precisos. No entanto, as decisões finais de projeto e aplicação são de sua responsabilidade. A Trane isenta-se de qualquer responsabilidade por ações tomadas com relação ao material apresentado.

™® As seguintes marcas comerciais registradas pertencem ao United States Green Building Council: LEED

™® As seguintes marcas comerciais registradas pertencem à Trane: TRACE e CenTraVac