



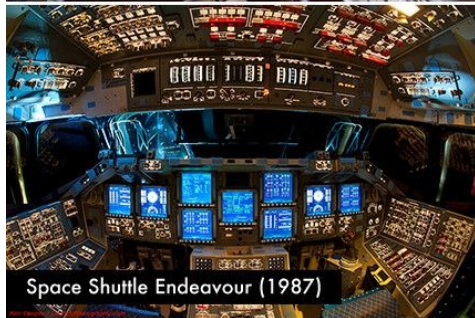
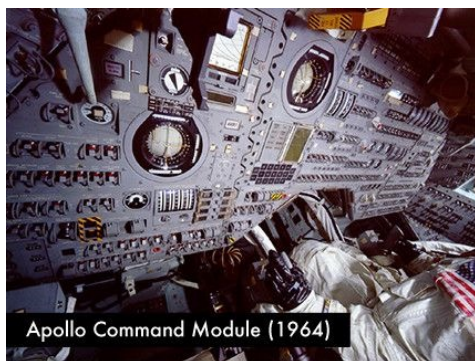
CAREL

轻商制冷设备控制的发展与展望

程立 Eason Cheng

2021.四月

过去



现在

The latest USB-C chargers are apparently more powerful than Apollo 11's computer

Fly me to the Moon, and let me... charge... among the stars

By [Jon Porter](#) | [@JonPorty](#) | Feb 11, 2020, 11:45am EST

[f](#) [t](#) [SHARE](#)



商用冷柜细分市场

食品储藏和展示



制冷售货柜



专业厨房冰箱



科学医疗冷柜

食品零售



商超岛柜



商超自携式展示柜



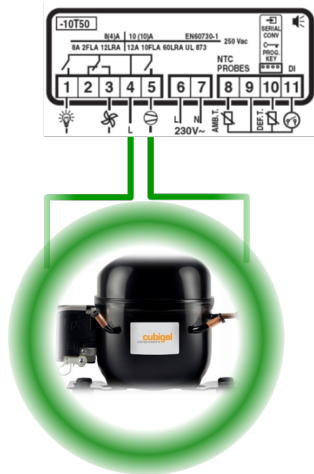
商超半自携式展示柜

控制在控制什么？

控制器的计算能力用在哪里了？

保护压缩机

- 自携式系统:最小/最大启停时间
- 远置式系统: 油位/电机温度/工作范围...

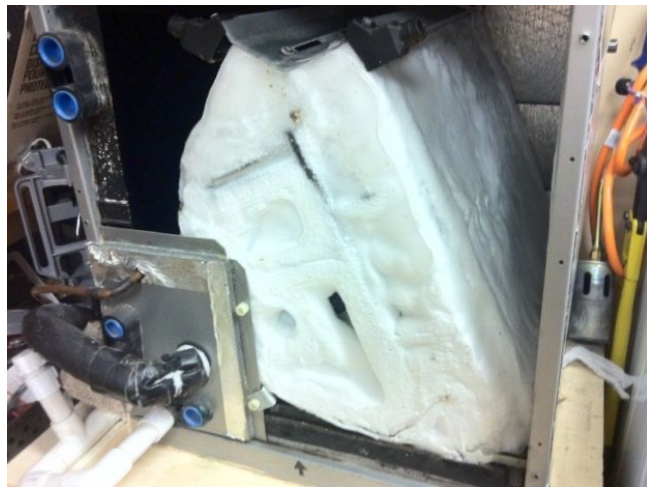


除霜控制

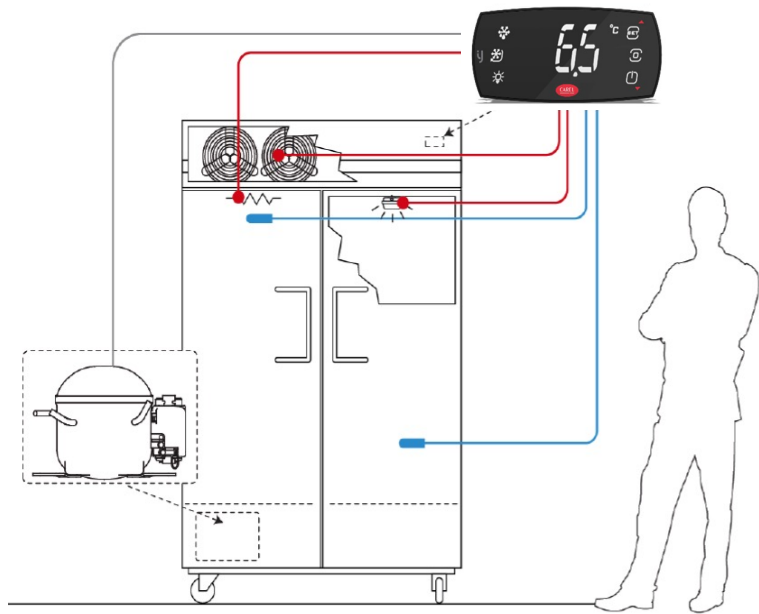
- 固定时间间隔化霜 (每4小时化霜一次)
- 蒸发翅片温度监测结束化霜 (阈值设定)

灯光管理

- 固定时间开关灯光 (时钟设定)
- 根据门开状态随动灯光



冷柜控制基本功能



大部分冷柜都需要温控器控制

输入信号

- 柜温探头
- 除霜温度探头
- 开关信号（门，外部警报）

输出信号

- 压缩机（供液阀、交流接触器）
- 蒸发风机
- 除霜加热丝
- 灯
- 警报输出

冷柜温度采集

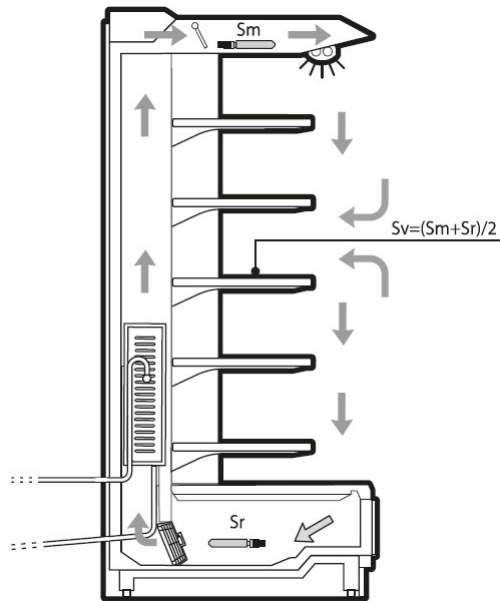
虚拟温度，加权采样

在较大的冷柜和冷库中，当温度不均时，通常会有多温度探头，有利于评估柜内平均温度。

比如回风传感器 S_r 和出风传感器 S_m 。虚拟传感器 S_v 是这两种传感器的加权平均值，根据参数 $\alpha/4$ ，通过下面公式：

$$S_v = \frac{S_m \cdot (100 - \alpha/4) + S_r \cdot (\alpha/4)}{100}$$

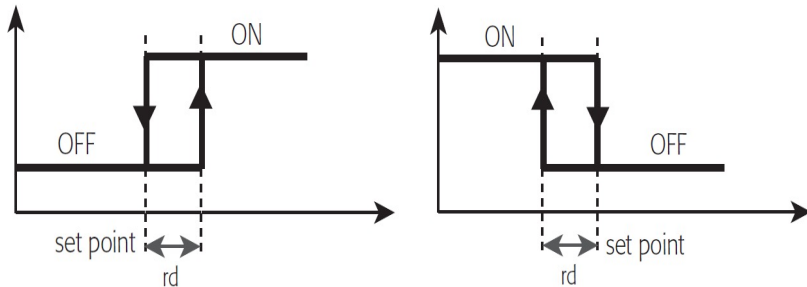
例如，如果 $\alpha/4=50$, $S_v=(S_m+S_r)/2$ 代表被冷却的食品周围的空气温度的估计值。



压缩机控制

定频压缩机控制

- 最短停机时间
- 最短开机时间
- 探头失效后轮值工作



VCC变频压缩机控制

- 自驱动模式
- 频率模式
- 串口模式

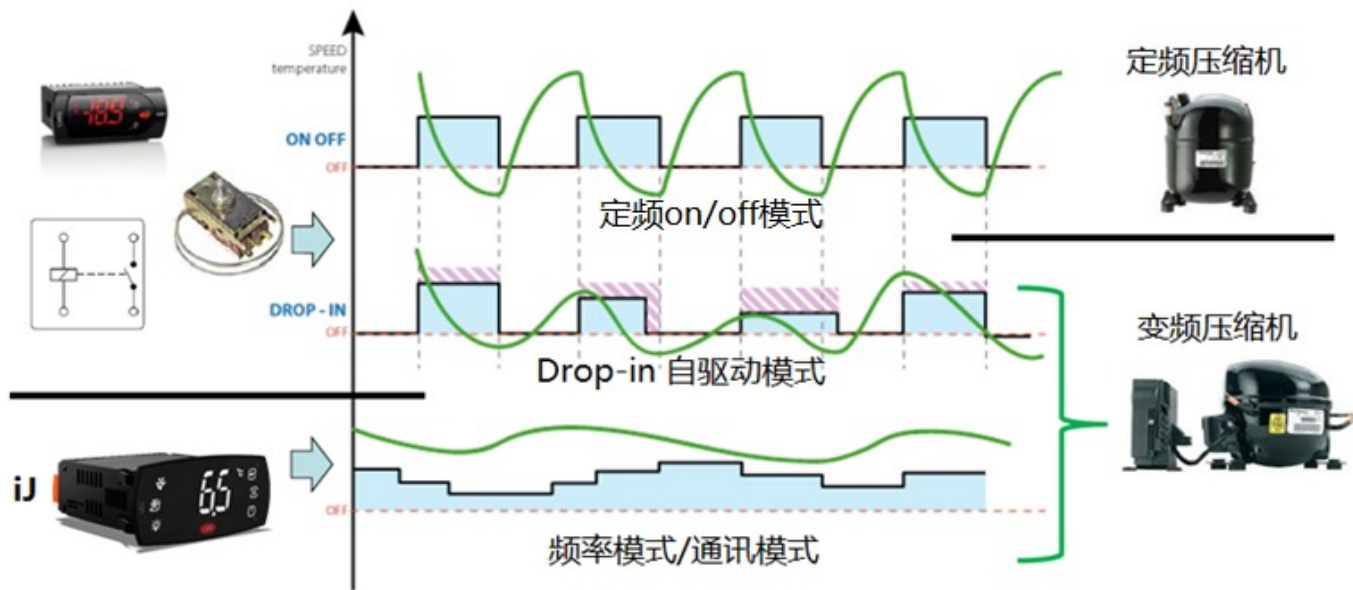


温控器



变频压缩机+变频器

压缩机控制



软启动

快速拉温

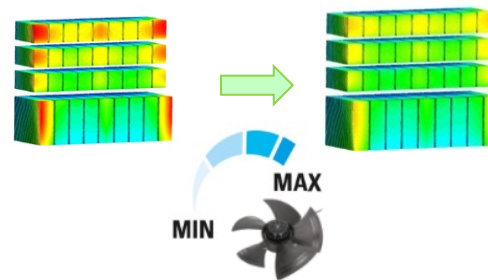
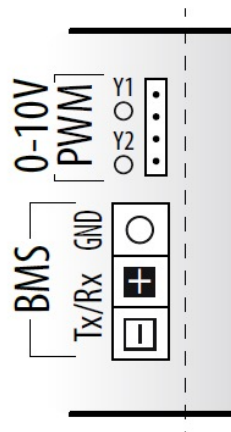
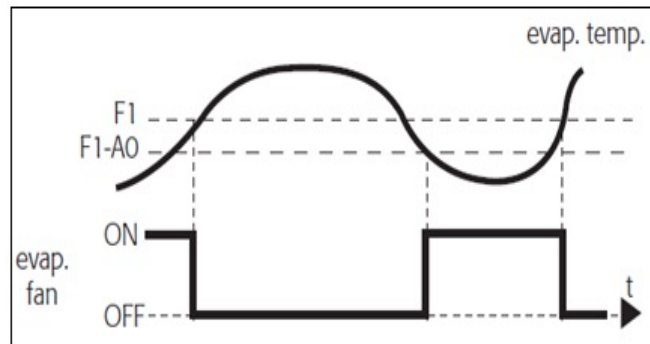
PID调节

温度稳定

节省能耗

风机控制

- 与压缩机同开同停
- 风机常开（除霜时停）
- 根据蒸发温度控制
- 按占空比控制
- 日夜模式双速控制
- EC风机调速控制



除霜控制

冷柜选择合适的化霜，能提高冷柜的制冷效率，节省能耗，保持温度稳定

化霜开始

- 定周期化霜
- 实时时钟定时化霜
- 外部信号激活化霜

化霜模式

- 按化霜温度结束
- 按时间结束
- 按时间和化霜温度结束

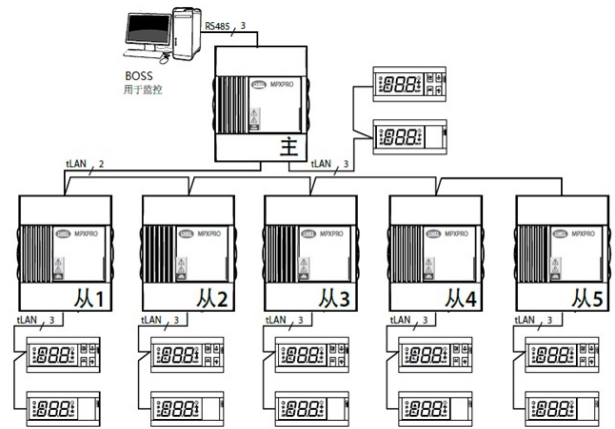
化霜结束

- 停机，自然化霜
- 停机，加热丝化霜
- 热气化霜(四通阀)
- 热气旁通

智能化霜

同步化霜

主要用于商超便利店的远置式冷柜，
通过主从模式实现

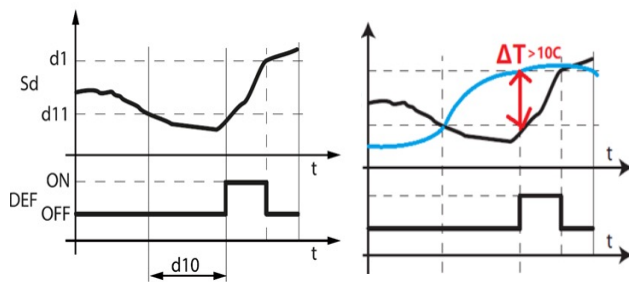


跳过化霜

累计多次检测到除霜时间低于预期的
化霜预定时间，则跳过下一次无用化霜

运行化霜

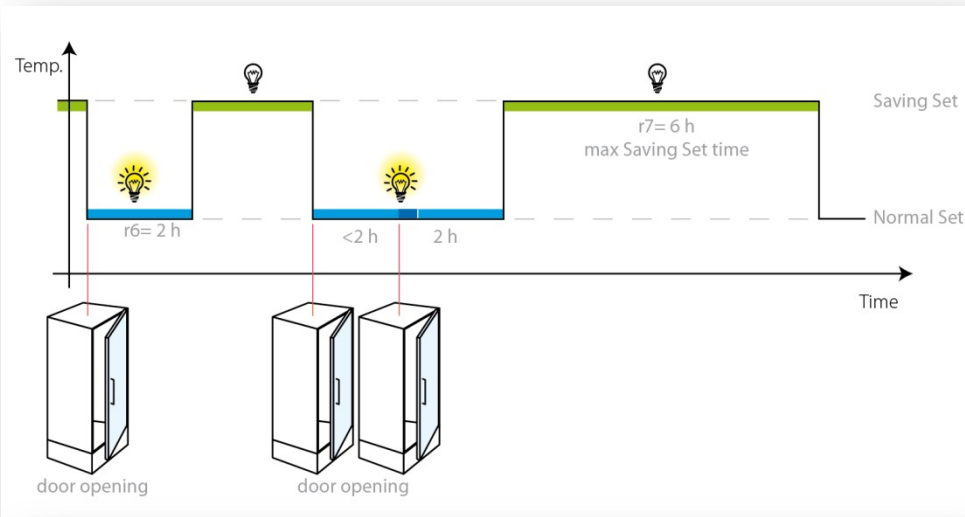
当蒸发温度低于阈值持续特定时间后
有可能出现霜堵，即进行化霜



用控制以实现节能控制之一

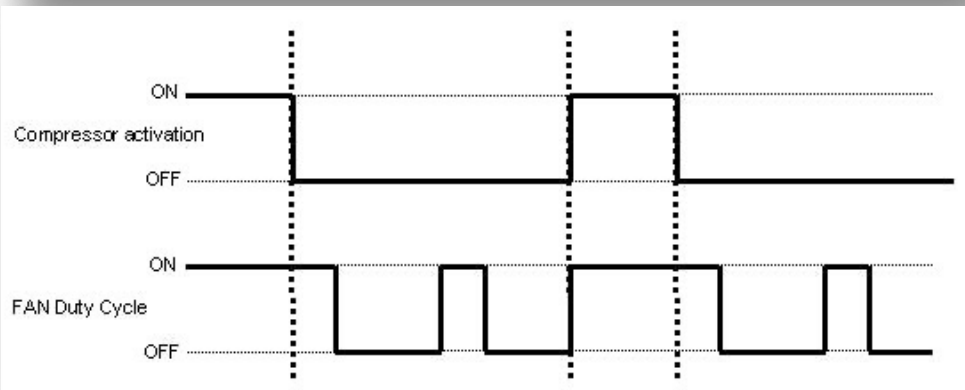
“智能” 判断运营时间

- 灯光
- 温度设定点随动(饮料)



根据实际压缩机工况风机节能

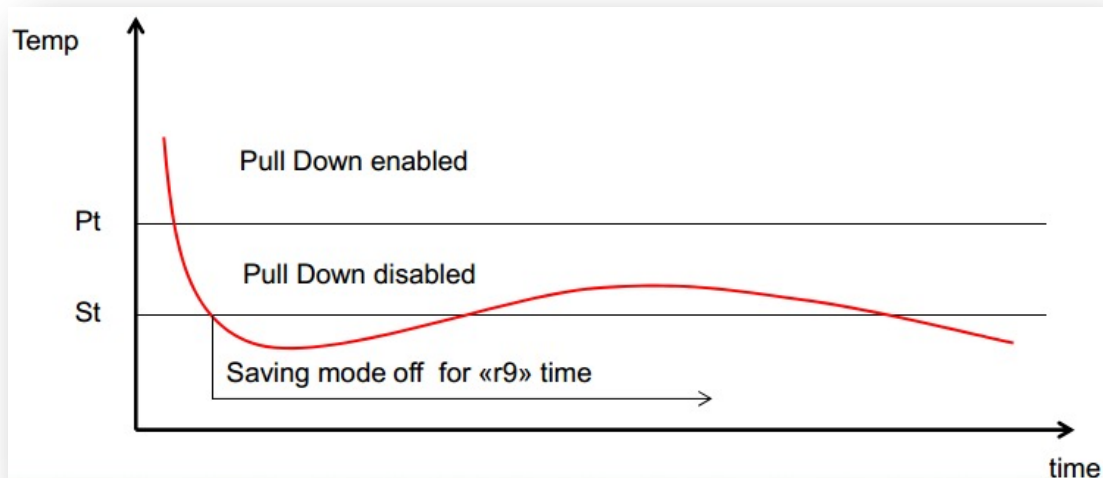
- 冷凝器温度 -> 风机间歇运行
节能



用控制以实现存储更安全

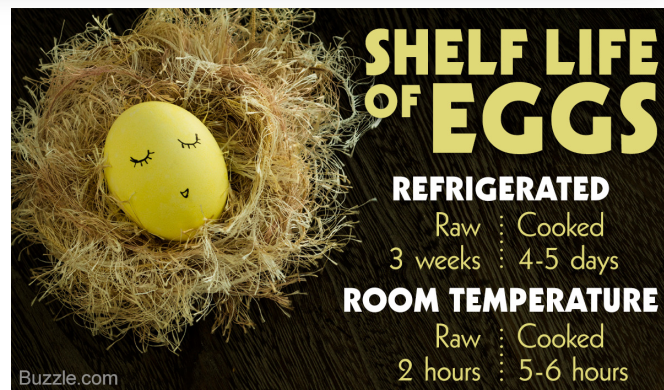
新上货品急速拉温

- 更短时间进入安全存储温度



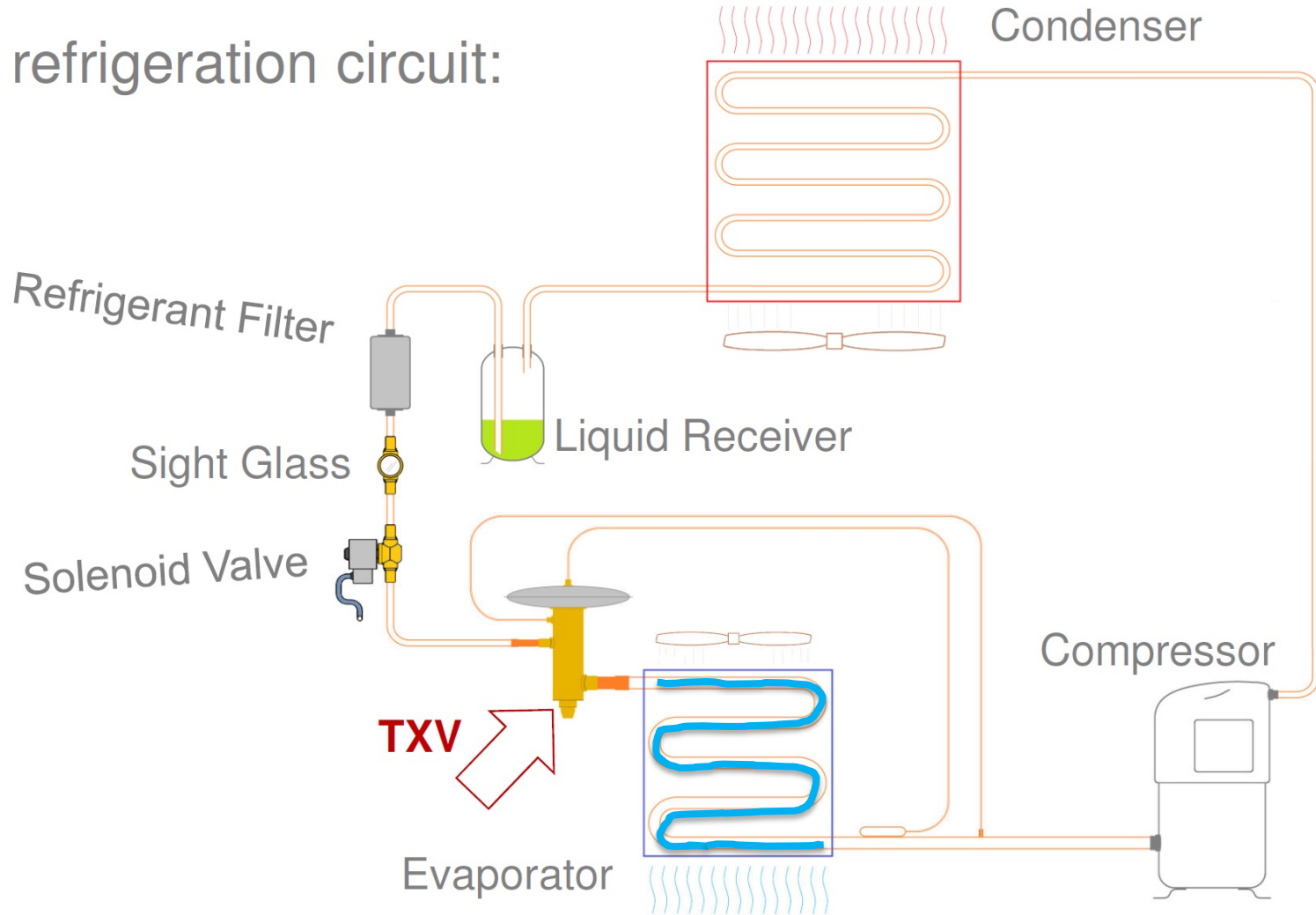
HACCP/温度报警...

- 食品安全

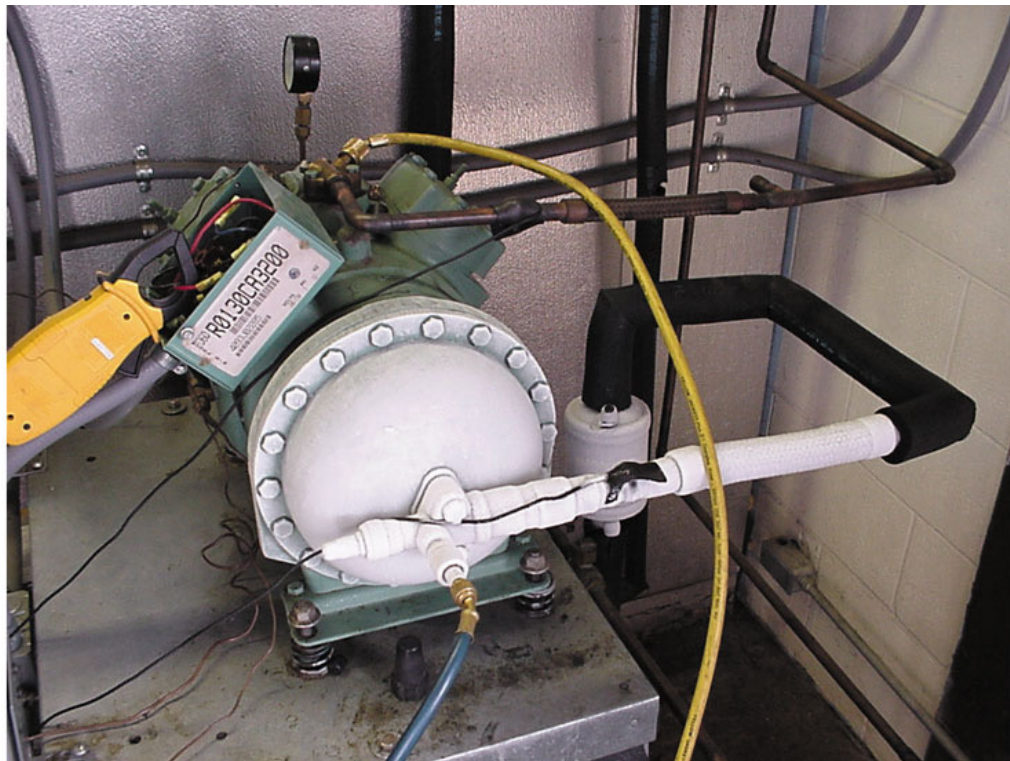


现在，通过控制以达到更进一步绿色节能运行？

A classic refrigeration circuit:

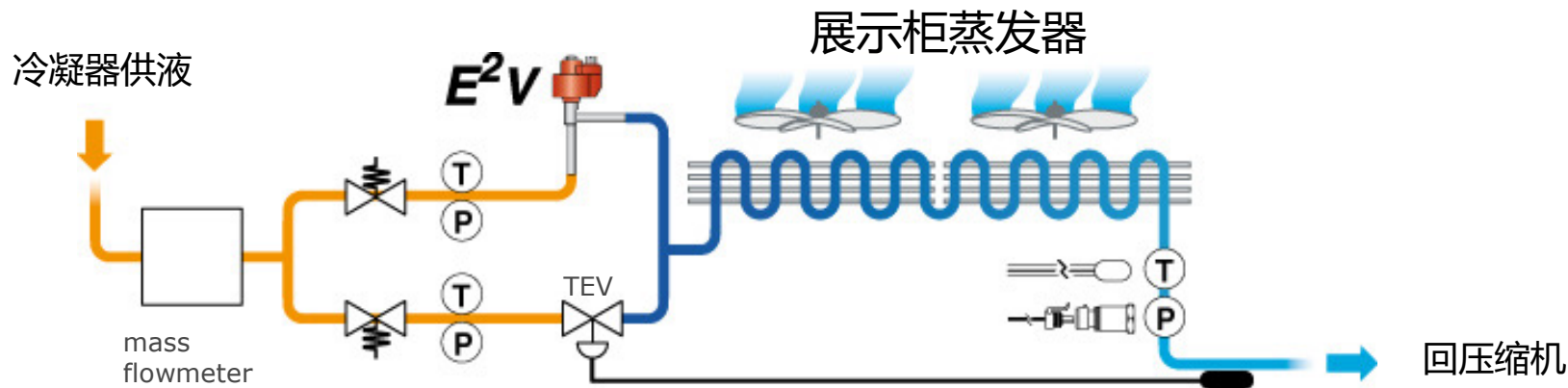


用压力/温度计算过热度-用电子膨胀阀控制蒸发器供液



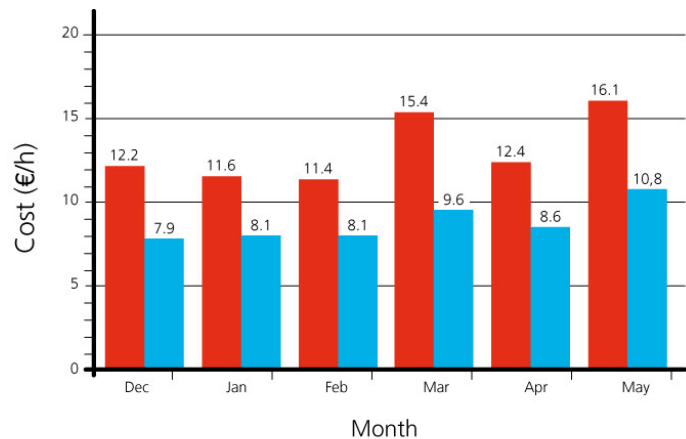
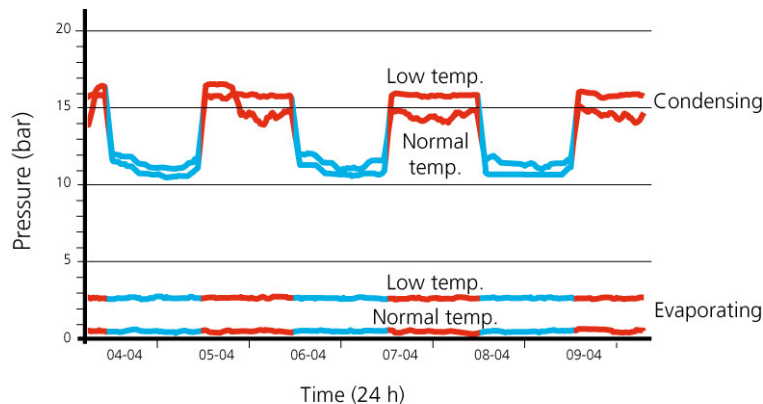
回气带液

用压力/温度计算过热度-用电子膨胀阀控制蒸发器供液



- 确保不回液的前提下，提高压缩机回气压力，降低压缩机工作压比
- 相较于热力膨胀阀，增加有效换热面积，提高蒸发效率
- 对于负载变化，更快响应，拉温快

用压力/温度计算过热度-用电子膨胀阀控制蒸发器供液

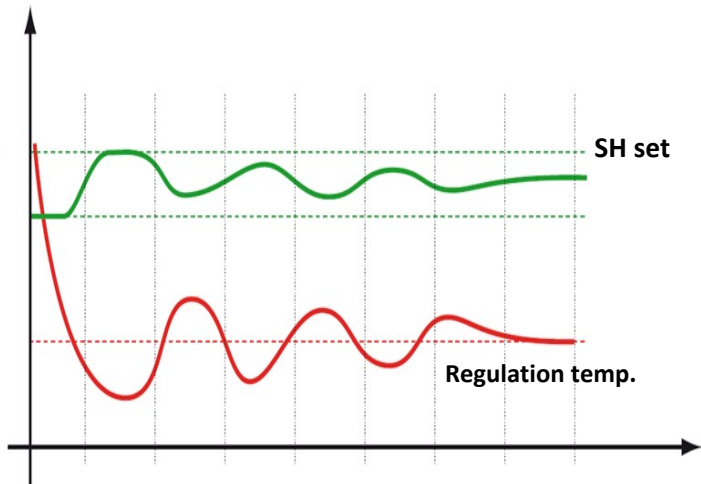


通过电子膨胀阀加上特殊的控制逻辑，相较于热力膨胀阀达到20%+节能
在欧洲，有70%的零售业店铺（超市/minimarket）使用电子膨胀阀
在意大利，有80%的零售业店铺使用电子膨胀阀

ESSELUNGA
S

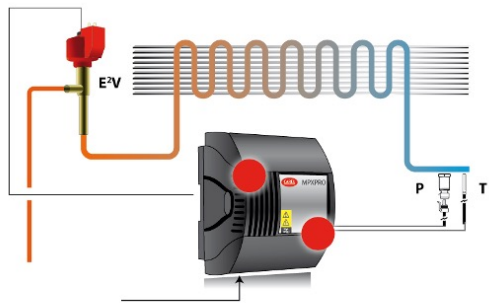
CAREL

特殊控制算法让控制器响应负载变化

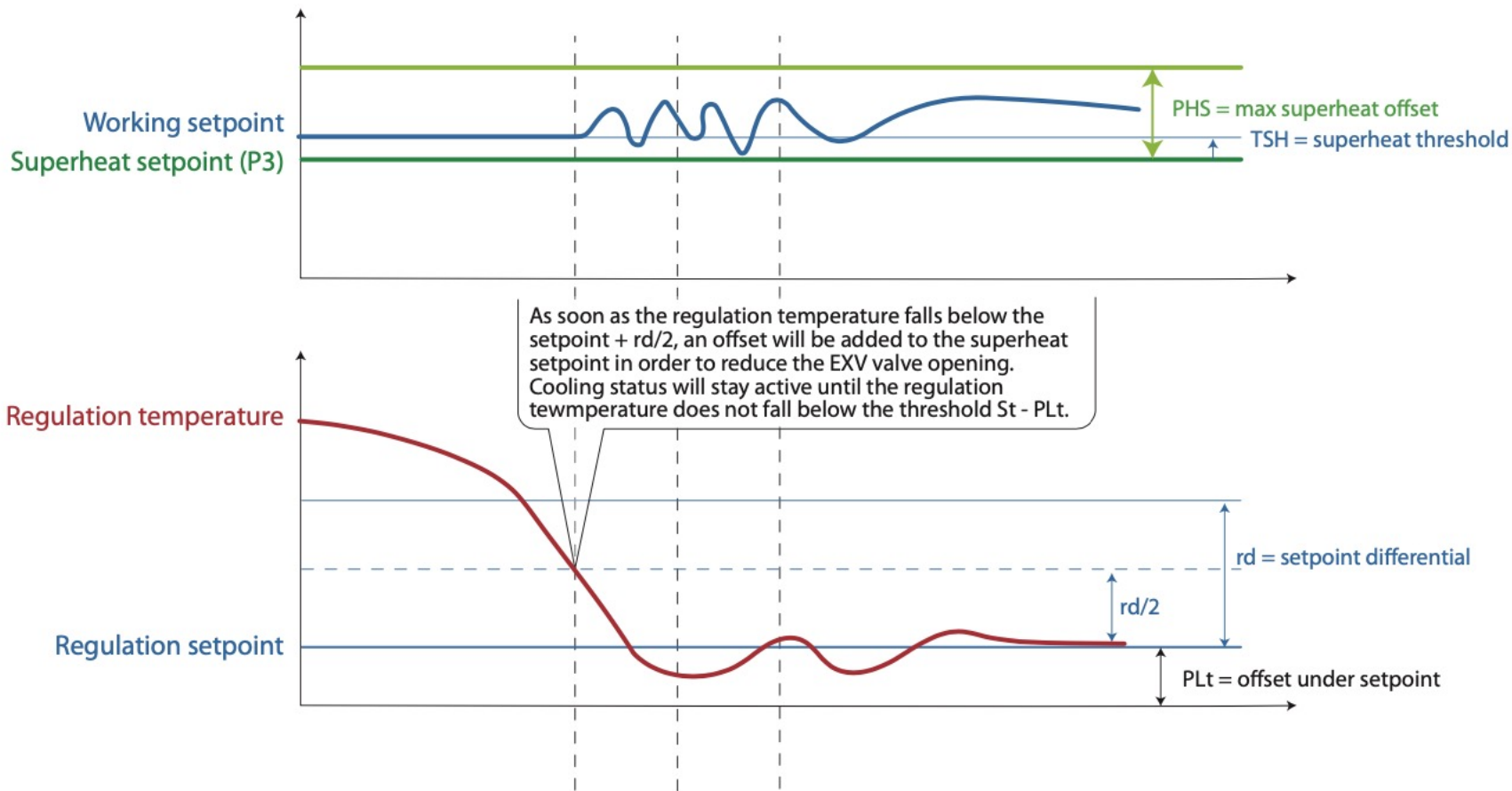


电子膨胀阀不只是按照固定的过热度设定点运行：

控制器在以过热度控制EEV的同时，也根据实际的柜温/冷库温度做过热度设定点动态调节，以让蒸发器输出最适合冷柜/冷库当前工况的冷量



同时过热度设定点与冷柜/冷库温度联动，系统更快进入稳态，保证储藏食品的温度以最小波动运行

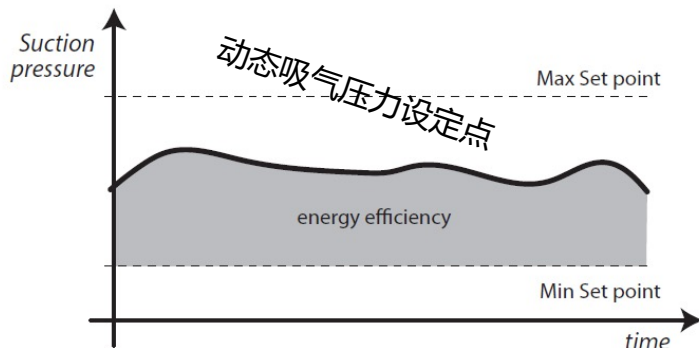


特殊控制算法让控制器智能响应负载变化

机组运行吸气压力阈值动态变化： 基于实际供液的每个冷柜的制冷量实际需求



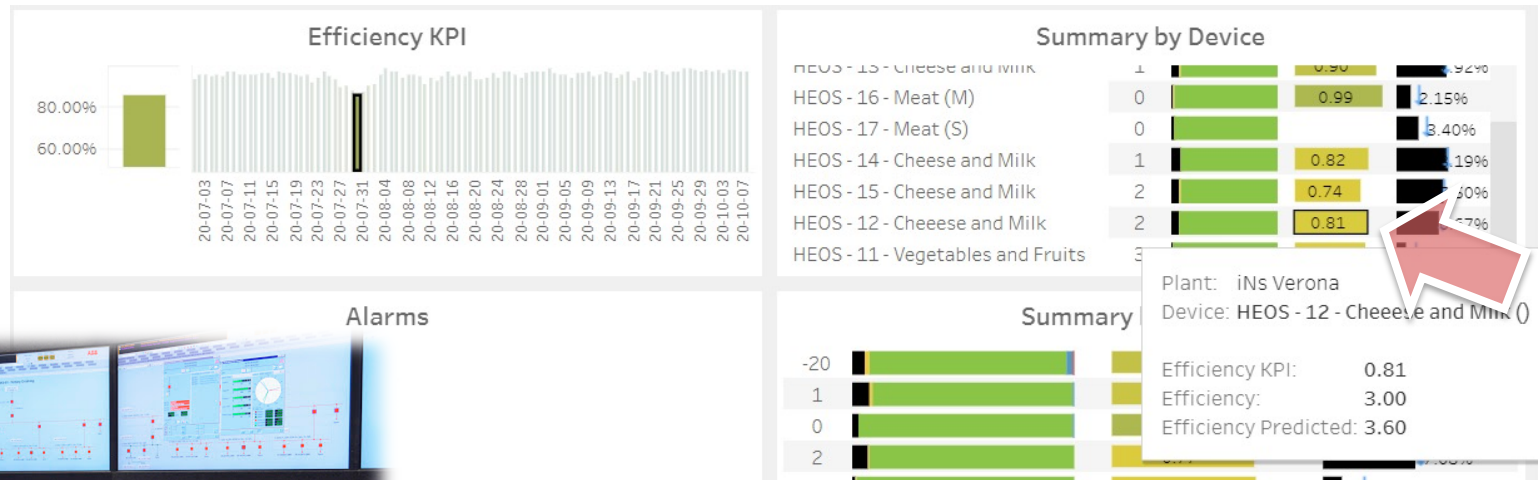
- 提高压缩机组效率(更小的压差)
- 减少压缩机启停次数
- 对于电子膨胀阀系统可以提高10%-15%效率
- 对于热力膨胀阀系统可以提高5%-8%效率



现在进行时
对于整体系统，算法如何提升运行效率？

机器学习设定KPI

根据往年/初始运行数据,设立KPI,直观指示运行状态 **OK**或者**异常**



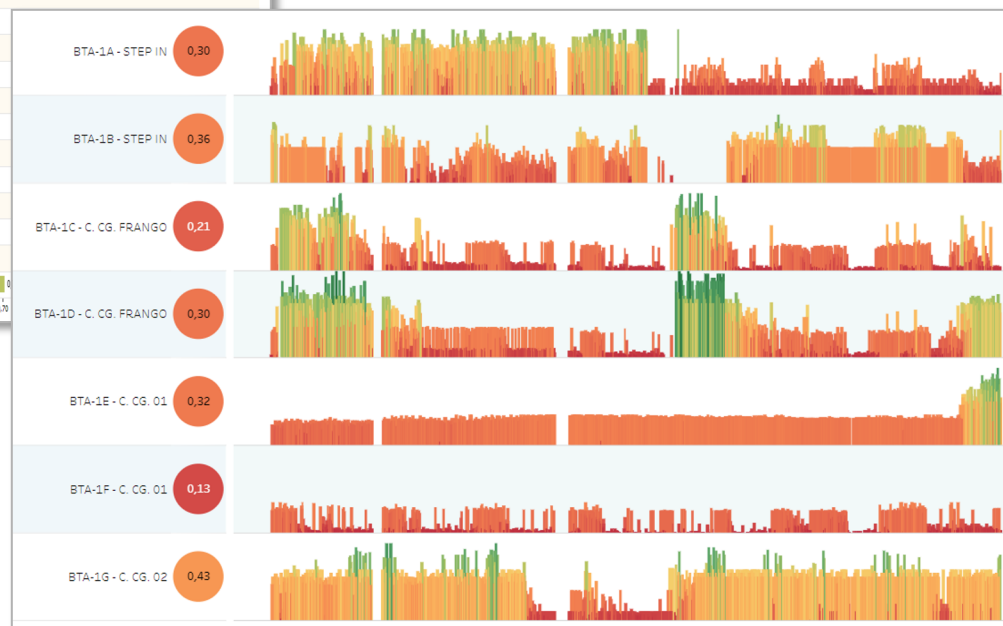
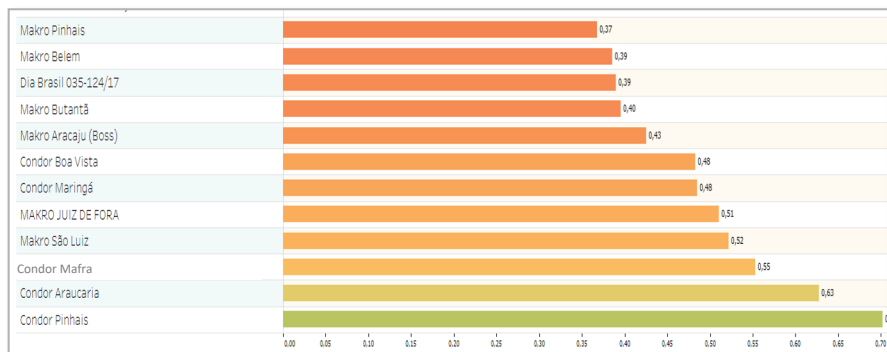
CAREL

CAREL

RemotePRO – 预防性分析



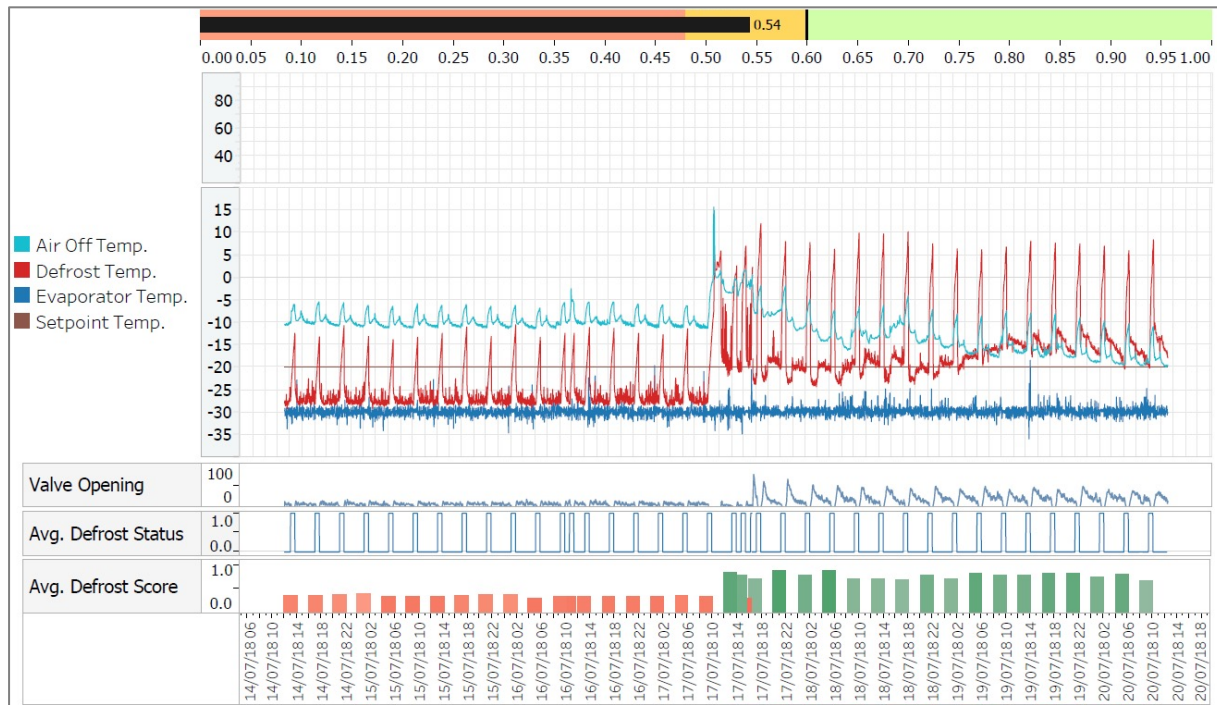
例:除霜质量评分分析报表



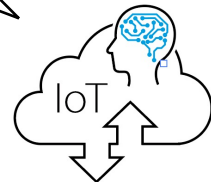
结合了系统热力学以及数据分析给与的对化霜性能的深入指导性分析



RemotePRO – 诊断(优化)式分析



注意！
请检查化霜传
感器位置



- 系统提示化霜传感器位置不正确，现场操作员意识到传感器安装位置错误。
- 重新放置后，系统判定正常(绿色)。

