

*ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (BEMS) ΣΑΝ ΕΡΓΑΛΕΙΑ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΤΩΝ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.*

Νίκος Α. Χαζάπης

Μηχανολόγος Μηχανικός, Τεχνικός
Σύμβουλος Commissioning.

Διαδικασία Λειτουργικής Παραλαβής

- **Διαδικασία:** Συνεργασία όλων των φορέων κατασκευής του έργου, με ένα όραμα και μια στρατηγική.
- **Λειτουργική Παραλαβή:** Δοκιμασία κάτω από όλα τα πιθανά σενάρια λειτουργίας, βλάβης, μερικού ή ολικού φορτίου, κλπ
- **Συστήματα:** Κεντρικό σύστημα αυτοματισμού και διαχείρισης της ενέργειας του Κτιρίου (BEMS).

BEMS Cx - Διαπιστώσεις

- Συνήθως, ο πραγματικός χρόνος του Cx συμπυκνώνεται ώστε να χωρέσει στο χρονοδιάγραμμα κατασκευής.
- Κατά την οριστική παραλαβή το Cx δεν έχει ολοκληρωθεί και δεν ικανοποιεί τους Χρήστες, ούτε τους ενεργειακούς στόχους.
- Η φάση του Cx προσλαμβάνεται εσφαλμένα σαν εμπόδιο στους κύριους στόχους του έργου, δηλ. την ολοκλήρωση σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα & προϋπολογισμό.

Οδηγίες και Κανονισμοί ASHRAE

- Guideline 0-2005 The Commissioning Process.
- Guideline 1-2007 The HVAC commissioning process.
- Guideline 13-2000 Specifying Direct Digital Control Systems.
- Guideline 14-2002 Measurement of Energy and Demand savings.
- Standard 111-1988 Practices for Measurement, Testing, Adjusting & Balancing.

Οδηγίες και Κανονισμοί ΕΛΟΤ ΕΝ

- EN 12599: 2000 Αερισμός κτιρίων - Διαδικασίες δοκιμής και μέθοδοι μέτρησης για την αποδοχή εγκατεστημένων συστημάτων αερισμού και κλιματισμού

Οδηγίες και Κανονισμοί - CIBSE

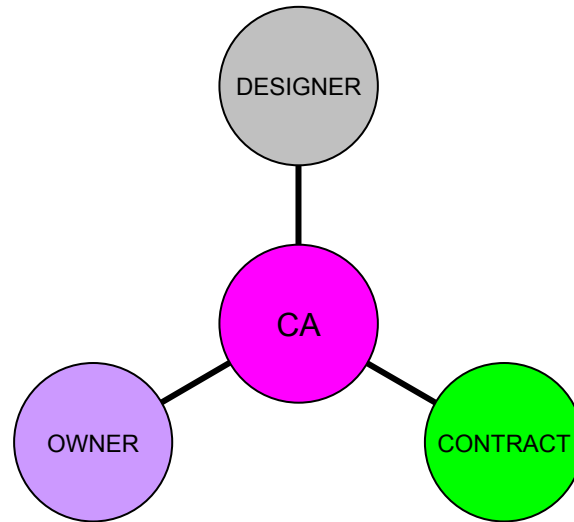
- Commissioning Management -
Commissioning **Code M: 2003**
- Automatic controls – Commissioning
Code C: 2001

Ανάλυση Προϋπολογισμού Cx

- Φάση μελετών Υποσύνολο 10%
- Φάση κατασκευής Υποσύνολο 80%
- Περίοδος εγγυήσεων Υποσύνολο 10%

- Σύνολο για HVAC, controls, Φωτισμός
0.5 έως 1.5% δαπάνης κατασκευής.

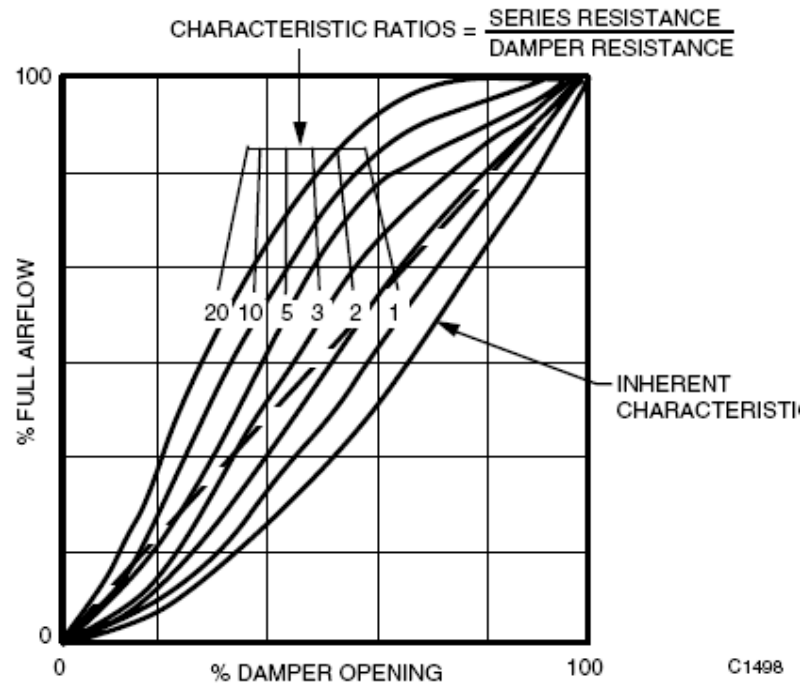
BEMS Commissioning - 24 Βήματα



1. Συμπλήρωση τεχν. περιγραφών

- Ολοκλήρωση της αλληλουχίας αυτοματισμών και των παραμέτρων λειτουργίας.
- Δημιουργία ενός στρατηγικού πίνακα σημείων ελέγχου και όλων των πιθανών λειτουργικών καταστάσεων.
- Προστατευτικές διατάξεις (χαμηλή θερμοκρασία χώρων, περιβάλλοντος, νερού δικτύων θέρμανσης & ψύξης).

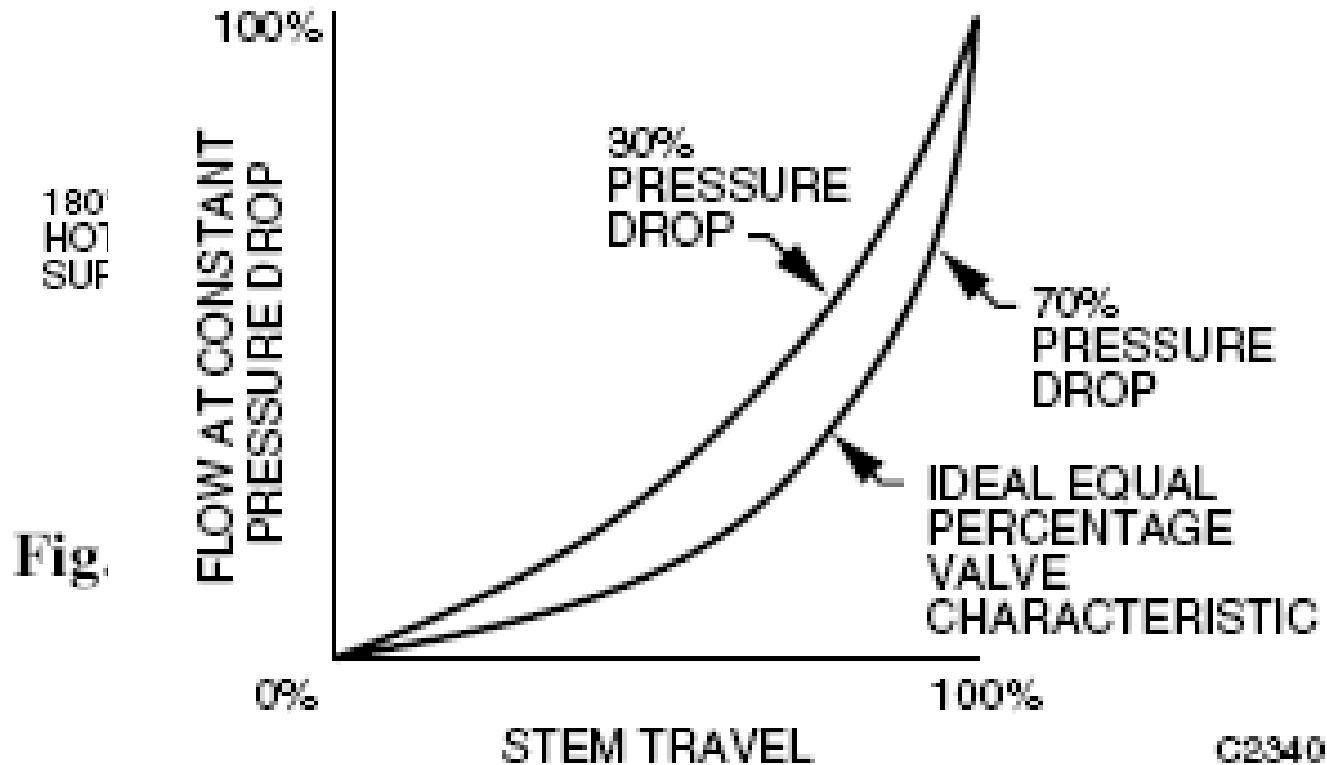
2. Χαρακτηριστική καμπύλη Διαφραγμάτων Ελέγχου



2. Επιλογή κινητήρων διαφραγμάτων

- Με βάση την απαιτούμενη ροπή στρέψης.
- Με βάση την χαρακτηριστική καμπύλη.
- Εάν απαιτείται ελατήριο επαναφοράς.
- Διαθέσιμα στο εμπόριο από 5 Nm έως 40 Nm.
- Συνήθως κακή τοποθέτηση από εγκαταστάτες.
- Έλεγχος νωπού αέρα με βάση την εξίσωση μίξης αέρα.

2-οδες & 3-οδες Βαλβίδες Ελέγχου



3. Επιλογή των βαλβίδων ελέγχου

- Με βάση τον συντελεστή ροής $Kvs > 0.85 * kv$
- Με βάση την πτώση πίεσης βαλβίδας $>$ πτώση πίεσης στοιχείου.
- Με βάση την ευστάθεια ελέγχου $Pv > 0.25 \dots 0.8$
- Pressure Class, Nominal size DN.

4. Επιλογή Ρυθμιστή στροφών

ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ:
EN 61800-3

ΕΠΙΛΟΓΗ
ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ
ΡΟΥΤΙΝΩΝ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ



5. Έλεγχος Επιλογών Αισθητηρίων

- Θερμοκρασία
- Σχετική Υγρασία
- Πίεση
- Διαφορική Πίεση
- Ποιότητα εσωτερικού αέρα – CO₂
- Ηλεκτρική ενέργεια
- Ηλιακή Ακτινοβολία
- Συνεχή μέτρηση στάθμης

6. Αισθητήρια θερμοκρασίας

- Τύπος : Αεραγωγού, εμβαπτ, δωματίου
- Έξοδος: Pt1000, Pt100, Ni1000,
- Περιοχή: -40 ... +80 C
- Ακρίβεια: $0.3K + 0.5\%*t$
- Χρόνος ανταπόκρισης: $50\% = 45s$
- Προστασία: IP54

7. Αισθητήρια Σχετικής Υγρασίας

- Τύπος : Αεραγωγού, δωματίου
- Έξοδος: 0-10 Vdc
- Τροφοδοσία: 24 Vac
- Περιοχή: 30 ... 70% RH
- Ακρίβεια: +/- 3%
- Χρόνος ανταπόκρισης: 50%=6s @ 5m/s
- Προστασία: IP54

8. Αισθητήρια Διαφορικής πίεσης αέρα

- Τύπος : Piezo-resistive
- Έξοδος: 4 ... 20 mA
- Τροφοδοσία: 24 Vdc
- Περιοχή: 0...1000 Pa
- Ακρίβεια: +/- 1.5% FS
- Χρόνος ανταπόκρισης: 1s
- Προστασία: IP54

9. Αισθητήρια Διαφορικής πίεσης υγρών

- Τύπος : Pressure diaphragm ή ceramic sensor type
- Έξοδος: 0-10 Vdc
- Τροφοδοσία: 24 Vac
- Περιοχή: 0...400 kPa
- Ακρίβεια: +/- 0.5% FS
- Χρόνος ανταπόκρισης: 5ms
- Προστασία: IP65

10. Αισθητήρια Πίεσης αέρα/νερού

- Τύπος : stainless-steel diaphragm
- Έξοδος: 0-10 Vdc
- Τροφοδοσία: 24 Vac
- Περιοχή: 0...10 bar
- Υπέρ-πίεση: 2/φορές ονομαστική
- Ακρίβεια: +/- 0.7% FS
- Χρόνος ανταπόκρισης: 2ms
- Προστασία: IP65

11. Αισθητήρια ταχύτητας αέρα

- Τύπος : Hot wire
- Έξοδος: 4 ... 20 mA
- Τροφοδοσία: 24 Vdc @ 50mA max.
- Περιοχή: 0...16 m/s
- Ακρίβεια: +/- 3% FS +/- 0.48m/s
- Χρόνος ανταπόκρισης: n/d
- Προστασία: IP65

12. Αισθητήρια μέτρησης στάθμης

- Τύπος : Ultrasonic
- Έξοδος: 0-10 Vdc
- Τροφοδοσία: 17...30 Vdc @ 60mA
- Περιοχή: 200...4000 mm
- Ακρίβεια: +/- 0.1% FS
- Χρόνος ανταπόκρισης: 325 ms
- Προστασία: IP65

13. Αισθητήρια ποιότητας αέρα CO₂

- Τύπος : selective photo-acoustic
- Έξοδος: 0-10 Vdc
- Τροφοδοσία: 24 Vac
- Περιοχή: 0-2000 ppm
- Ακρίβεια: +/- 100 ppm
- Χρόνος ανταπόκρισης: 63% = 8 min.
- Απόκλιση γήρανσης: 150 ppm @ 8 έτη
- Προστασία: IP30 ή IP54

14. Αισθητήρια ηλιακής ακτινοβολίας

- Τύπος : solar cell
- Έξοδος: 0-10 Vdc
- Τροφοδοσία: 24 Vac
- Περιοχή: 0-1000 W/m²
- Χρόνος ανταπόκρισης: 63% = 2 s.
- Προστασία: IP65

15. Διαγράμματα και Συνδεσμολογίες/1

- Σχηματικά Διαγράμματα Ροής
- Απομακρυσμένα Κέντρα Ελέγχου
- Ηλεκτρικοί πίνακες κίνησης
- Ηλεκτρικοί πίνακες φωτισμού
- Ηλεκτρικοί πίνακες συστημάτων
- Υποσταθμός / Γ.Π.Χ.Τ
- Η/Ζ, UPS

15. Διαγράμματα και Συνδεσμολογίες/2

- Σχηματικά διαγράμματα ροής με όλες τις πληροφορίες για την προγραμματιστή, όπως: σημεία ελέγχου, αποδόσεις μηχανημάτων, καταναλώσεις ισχύος, κλπ
- Συνδεσμολογίες των αισθητηρίων οργάνων με τα ΑΚΕ.
- Συνδεσμολογίες των βοηθητικών κυκλωμάτων των ηλεκτρικών πινάκων.

16. Επιθεώρηση τοποθέτησης Οργάνων

- Όργανα στο χώρο (εσωτερικοί τοίχοι).
- Όργανα σε αεραγωγούς
- Όργανα σε σωληνώσεις
- Όργανα στις ΚΚΜ - εργοστασιακά
- Όργανα στις ΚΚΜ - στο εργοτάξιο
- Κωδικοποίηση και Ετικέτες Οργάνων

17. Επιθεώρηση τοποθέτησης Οργάνων

- Θερμοκρασία, υγρασία, CO₂, κλπ
- Κατάλληλο ύψος από το έδαφος.
- Αντιπροσωπευτικό σημείο περιοχής.
- Άφιξη καλωδίου & κωδικοποίηση.
- Επισήμανση για βαθμονόμηση-ετικέτα.
- Γραφική απεικόνιση στον Η/Υ.
- Άνω και κάτω Όρια συναγερμών.

18. Επιθεώρηση δοκιμής καλωδιώσεων

- Δοκιμή εκτελούμενη από υπεργολάβους
- Τύποι καλωδίων – LiYCY, UTP, J-Yst-Y.
- Προσδιορισμός καλωδίου στα δύο άκρα.
- Διαχείριση αγωγών – κωδικοποίηση.
- Ασφαλής τερματισμός καλωδίων.
- Ηλεκτρική συνέχεια και ορθή πολικότητα.
- Διαχωρισμός καλωδίων ισχυρών & ασθενών ρευμάτων.

19. Έλεγχος προγραμματισμού DDC

- Λογισμικό αυτομάτου ελέγχου & προσομοίωση.
- Χρονοπρογράμματα 24ωρου λειτουργίας.
- Ρουτίνες ψηφιακού ελέγχου PID.
- Αλληλουχίες παραγωγής Ψύξης – Θέρμανσης.
- Αυτόματη εκκίνηση και παύση των βοηθητικών.
- Υπέρβαση λειτουργίας εγκαταστάσεων.
- Μεταγωγή εποχιακής λειτουργίας.

20. Έλεγχος δημιουργίας γραφικών Η/Υ

- Έλεγχος της χρήσης των κατάλληλων συντμήσεων των γραφικών απεικονίσεων, πληρότητας και φιλικότητας του Χρήστη.
- Έλεγχος δημιουργίας και παραμετροποίησης μεταβλητών τιμών (π.χ ποσοστό %, βαθμοί C, πίεση bar).
- Έλεγχος συμβατότητας σημείων ελέγχου μεταξύ γραφικών και βάσης προγραμματισμού.

21. Επιθεώρηση εκκίνησης – Μετρήσεις αποδόσεων Μηχανημάτων

- Αντλίες – (Αμπερομέτρηση / θερμικά)
- Αντλίες μεταβλητών στροφών - Inverters
- Ανεμιστήρες (Αμπερομέτρηση / θερμικά)
- Ψύκτες – COMP/EVP/CDS
- Πύργοι Ψύξεως – FANS & Modulation
- Λέβητες – Burners/Combustion analysis
- Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες

22. Οργάνωση Λειτουργίας & Συντήρησης

- Περιγραφή λειτουργίας των εγκαταστάσεων
- Διαγράμματα αυτοματισμού και τελικό λογισμικό εφαρμογής ψηφιακού ελέγχου
- Λίστα σημείων ελέγχου και παραμέτρων
- Περιγραφή σημείων ελεγχόμενων από τον Χρήστη
- Λεπτομέρειες από τις δοκιμές Παραλαβής
- Λεπτομερή φύλλα για όλα τα μηχανήματα και αισθητήρια όργανα.

22. ASHRAE Guideline 3-1996

- Chilled Water Inlet Temperature
- Chilled Water Outlet Temperature
- Chilled Water Flow
- Chilled Water Inlet Pressure
- Chilled Water Outlet Pressure
- Evaporator Refrigerant Temperature
- Evaporator Refrigerant Pressure
- Evaporator Approach Temperature
- Condenser Water Inlet Temperature
- Condenser Water Outlet Temperature
- Condenser Water Flow
- Condenser Water Inlet Pressure
- Condenser Water Outlet Pressure
- Condenser Refrigerant Temperature
- Condenser Refrigerant Pressure
- Condenser Approach Temperature
- Refrigerant Level
- Oil Pressures
- Oil Temperature
- Oil Levels
- Compressor Refrigerant Discharge Temperature
- Compressor Refrigerant Suction Temperature
- Addition of Refrigerant
- Addition of Oil
- Vibration Levels

23. Εκπαίδευση των Χρηστών

- Ουσιαστική & επαρκής εκπαίδευση, του κατάλληλα επιλεγμένου Χρήστη.
- Βασικός Χρήστης – καλεί και επιτηρεί δεδομένα από τα διαγράμματα ή από τα σημεία ελέγχου
- Ενδιάμεσος Χρήστης – αλλαγές στα χρονοπρογράμματα
- Αναβαθμισμένος Χρήστης – μπορεί να προσθέτει ή να αλλάζει γραφικά

24. Έλεγχοι μετά την Προσωρινή Παραλαβή του έργου.

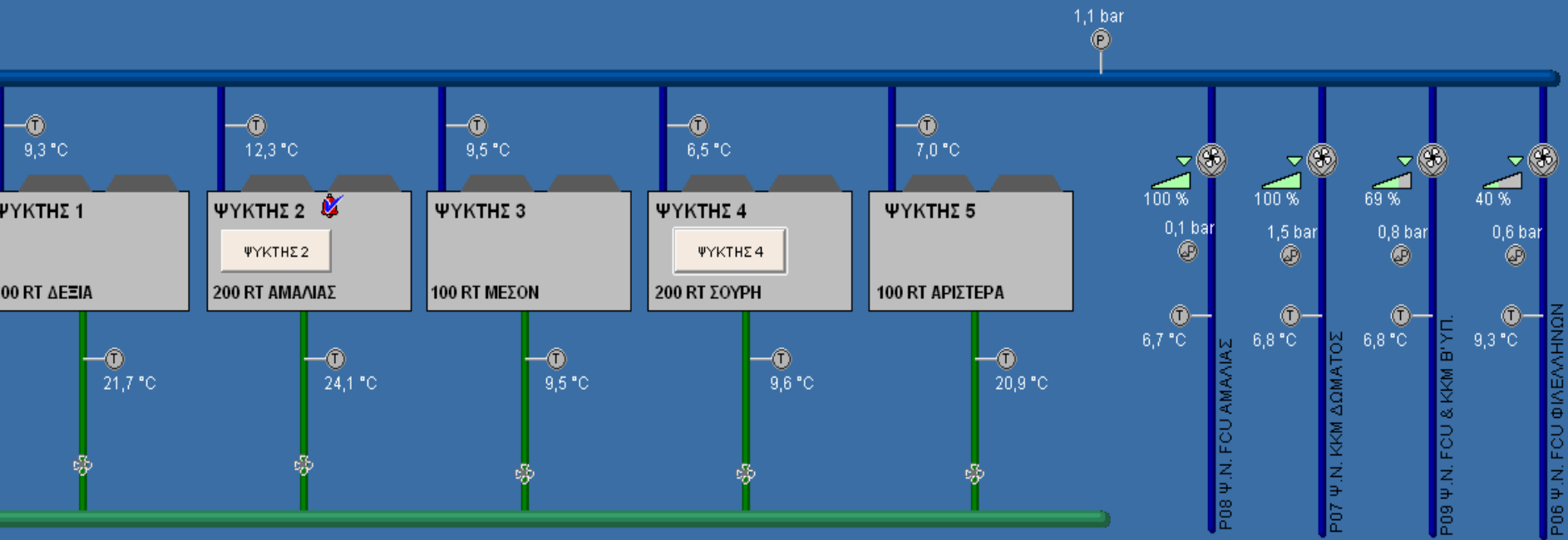
- Χρήση των συνεχών καταγραφών για άρση αβεβαιοτήτων από την φάση σχεδιασμού
- Επίδραση εξωτερικών παραγόντων, όπως θερμοκρασία, ταχύτητα & κατεύθυνση αέρα, ηλιακή ακτινοβολία
- Ολοκλήρωση των Λειτουργικών Δοκιμών εποχιακού τύπου (θέρμανση – Ψύξη – Αερισμός)
- Κατανάλωση ενέργειας – καταγραφή και σύγκριση με φορητά όργανα.

Τυπικά προβλήματα των BEMS

- Αισθητήριο περιβάλλοντος χωρίς σκίαση.
- Ανακτητής θερμότητας, χωρίς λογική παράκαμψης (bypass), σε ενδιάμεσες εποχές.
- Εσφαλμένη αλληλουχία χρόνο-προγραμμάτων μεταξύ των Ψυκτών και των ΚΚΜ ή Αντλιών διανομής.
- Έλλειψη ολοκληρωμένης λογικής για την αλληλουχία πολλαπλών Λεβήτων.
- Έλλειψη σχεδιασμού για την Λειτουργία και την συντήρηση των συστημάτων.

CHILLER 2

Chiller status	0,0	/ OFF	Cir. B Oil Pressure CpB	484,1
Cooler Flow Switch	0,0	/ OFF	Cir. B Saturated Cond. Temp	21,5
% Total Active Capacity	0,0		Cir. B Saturated Suction Temp	20,7
Cooler Entering Fluid	19,6		Primary Pump Run Status	0,0
Cooler Leaving Fluid	19,8		Total Machine Oper. Hours	35,0
% Total Active Capacity Cir. A	0,0		Cir. A CpA Oper. Hours	10,0
Cir. A. Discharge Press	486,7		Cir. A CpA Starts	88,0
Cir. A. Suction Press	476,7		Cir. B CpB Oper. Hours	290,0
Cir. A Motor Temp CpA	24,3		Cir. B CpB Starts	86,0
Cir. A Motor Current CpA	0,0		Primary Pump Oper. Hours	640,0
Cir. A Disch. Gas Temp CpA	24,9		Alarm status	0,0 / NORMAL
Cir. A Oil Pressure CpA	473,6		Current alarm 1 **	7,0
Cir. A Saturated Cond. Temp	20,9		Current alarm 2 **	7,0
Cir. A Saturated Suction Temp	20,3		CCN Chiller Start/Stop	0,0 / OFF
Cir. B % Total Active Capacity	0,0		Active Demand Limit	100,0
Cir. B Discharge Press	497,3		Control Point	8,0
Cir. B Suction Press	483,9		GWY active alarm code	0,0
Cir. B Motor Temp CpB	26,0		JBUS alarm code	0,0
Cir. B Motor Current CpB	0,2		JBUS baud rate	0,0
Cir. B Disch. Gas Temp CpB	26,5		JBUS address	0,0



Operation

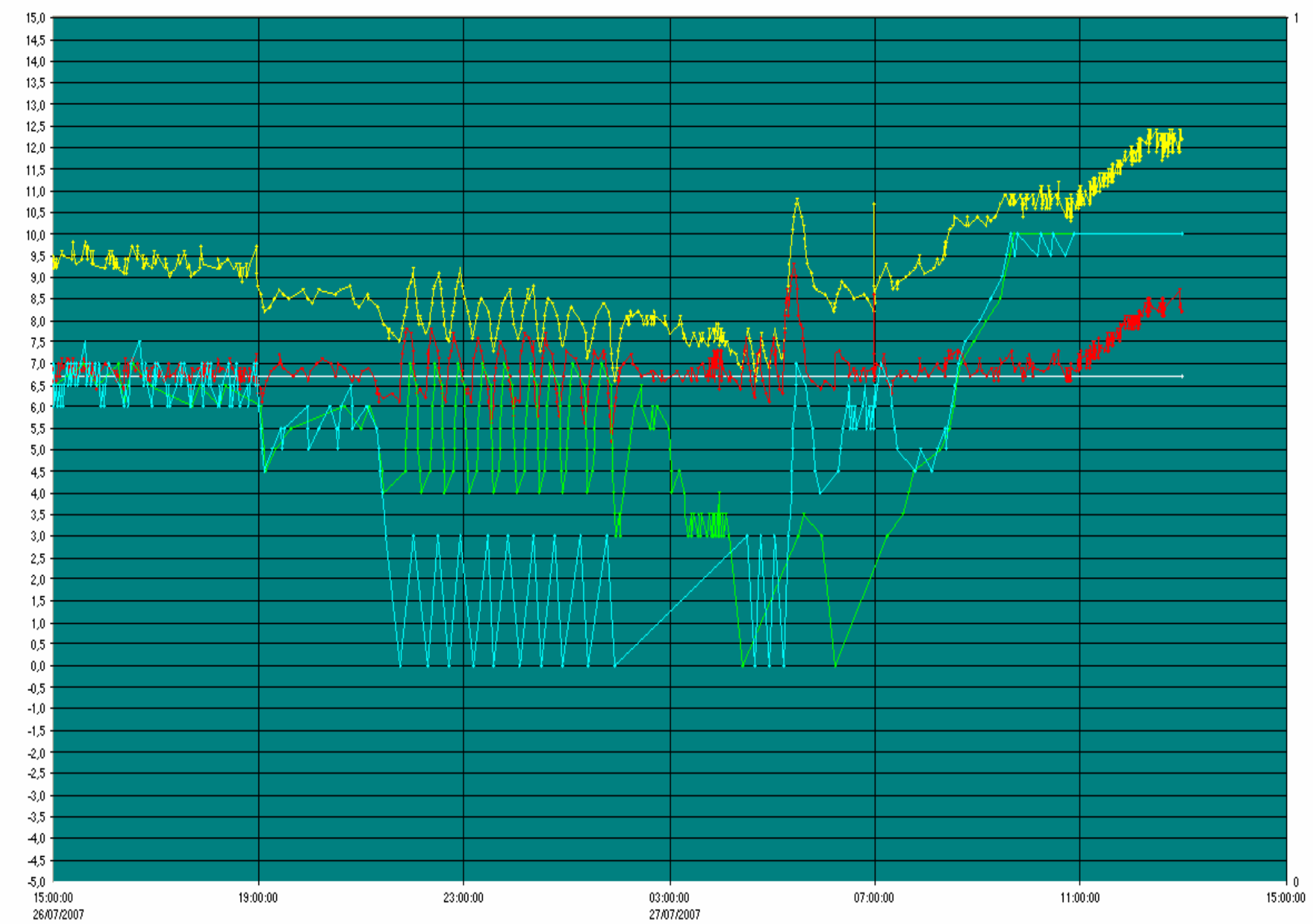
SEQUENCER

ΨΥΚΤΕΣ ●

CIK

Αερόψυκτο ψυκτικό συγκρότημα

- ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΘΜΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΜΕΤΡΗΣΗ EER:
- Χρήση δεδομένων από Integration data:
 - Θερμοκρασία περιβάλλοντος: $_^{\circ}\text{C}$.
 - Απορροφούμενη ισχύς: $_ \text{kW}$
 - Ψυκτική ικανότητα: $_ \text{kW}$
 - Θερμοκρασία εισόδου/εξόδου νερού: $_^{\circ}\text{C}$



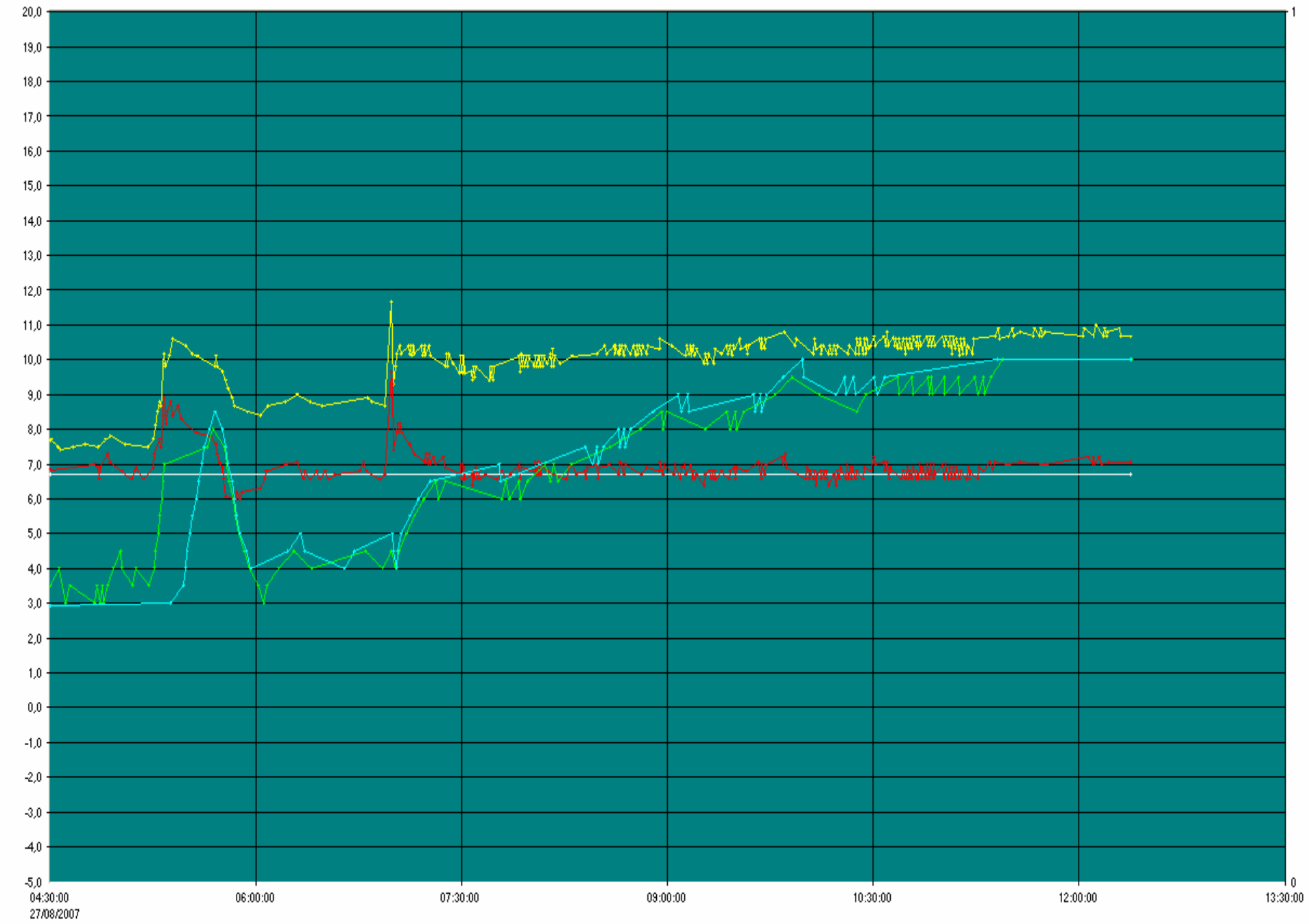
← CAPA_T.Present value

← CAPB_T.Present value

← COOL_LWT.Present value

← COOL_EWT.Present value

← CTRL_PNT.Present value



<- CAPA_T.Present value

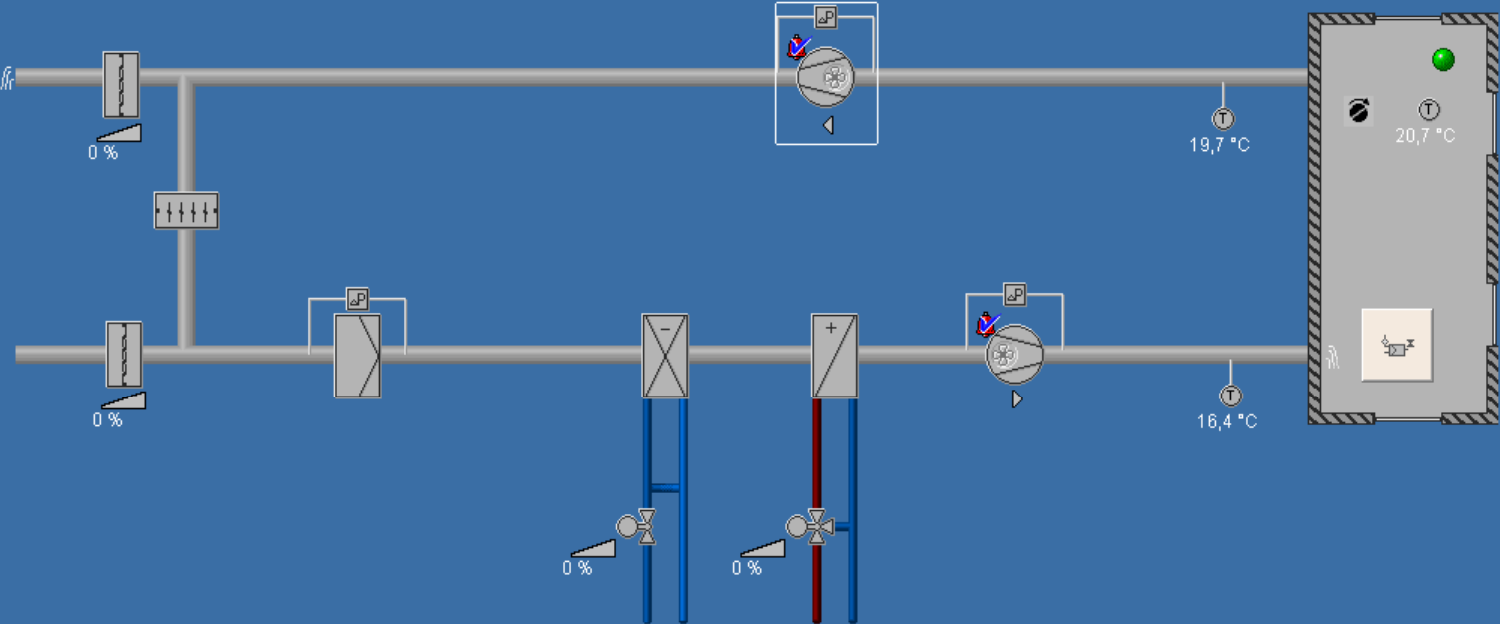
<- CAPB_T.Present value

<- COOL_LWT.Present value

<- COOL_EWT.Present value



<- CTRL_PNT.Present value

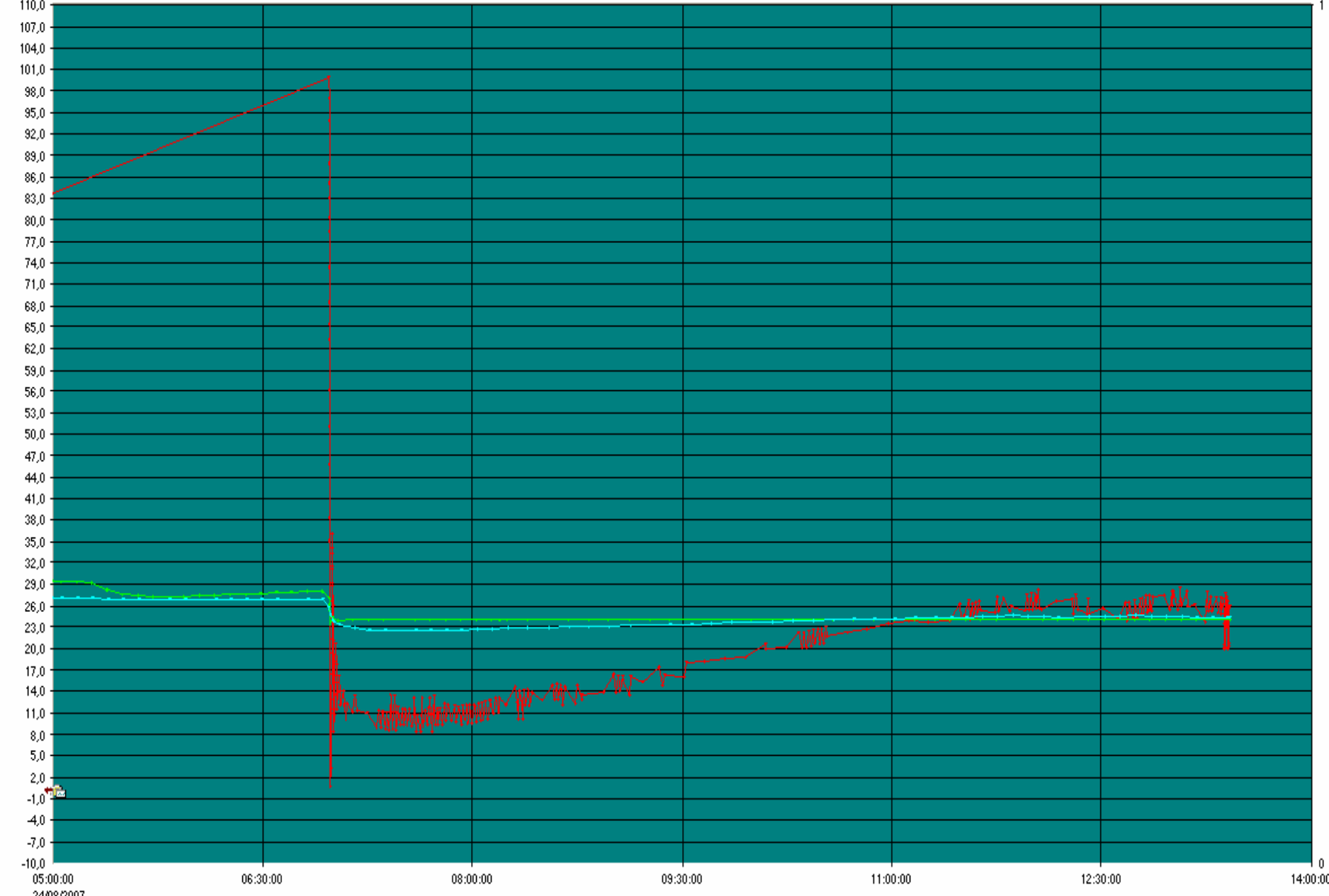
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ 3



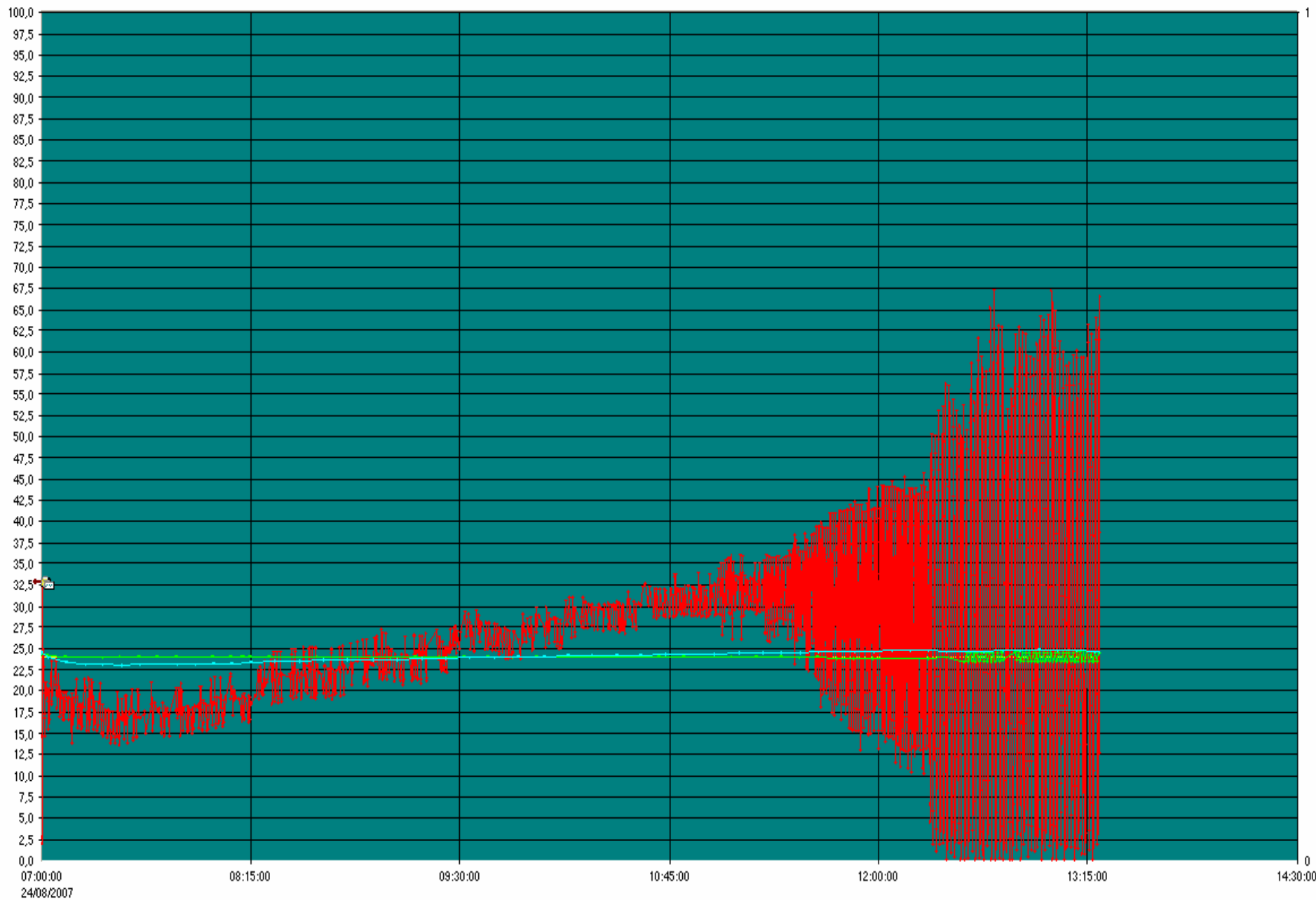
Operation

Plant Cik

 On 



- <- Extract air temperature. Present value
Siemens:Ahus'Ahu9TEx.PVVal °C
- <- Supply air temperature. Present value
Siemens:Ahus'Ahu9TSu.PVVal °C
- <- Valve. Present value
Siemens:Ahus'Ahu9ColMV.PVVal %
- <- Cascade controller. Max. supply air setpoint
Siemens:Ahus'Ahu91.SpMaxSu °C

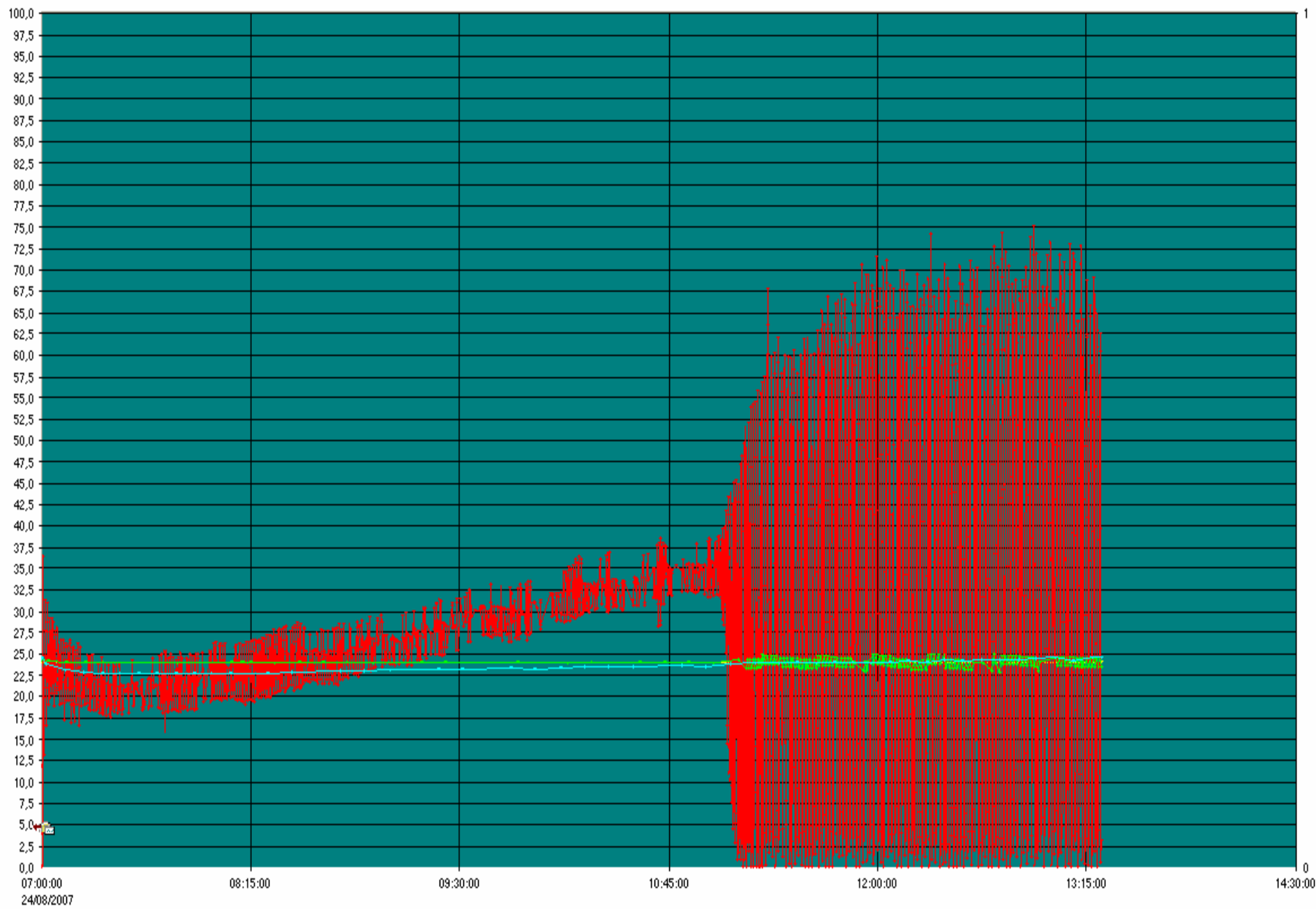


● <- Extract air temperature .Present value
 Siemens:Ahus'Ahu10'TEx.PrVal °C

● <- Valve .Present value
 Siemens:Ahus'Ahu10'Col'Mv.PrVal %

● <- Supply air temperature .Present value
 Siemens:Ahus'Ahu10'TSu.PrVal °C

● <- Temperature controller .Setpoint
 Siemens:Ahus'Ahu10'Col'TCtr.Sp °C



● <- Extract air temperature. Present value
 Siemens:Ahus'Ahu11'TEx.PrVal °C

● <- Valve. Present value
 Siemens:Ahus'Ahu11'Col'Vv.PrVal %

● <- Supply air temperature. Present value
 Siemens:Ahus'Ahu11'TSu.PrVal °C

● <- Temperature controller. Setpoint
 Siemens:Ahus'Ahu11'Col'TCtr.Sp °C

Σας ευχαριστώ θερμά για την
προσοχή σας!!

