



Level



Pressure



Flow



Temperature



Liquid
Analysis



Registration



Systems
Components



Services



Solutions

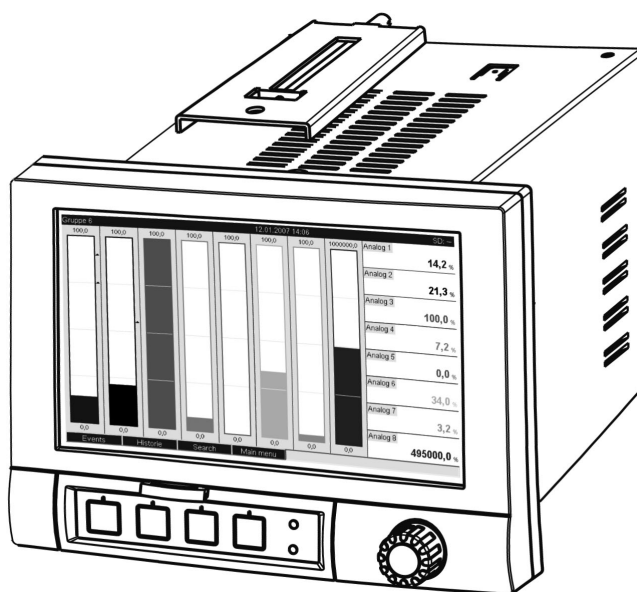
操作マニュアル（別冊）

グラフィックデータマネージャ RSG40

メモグラフ M

ソフトウェアオプション「エネルギー」

水と蒸気の質量流量 / エネルギー計算



※本機器を安全にご使用いただくために

●本書に対する注意

- 1) 本書は、最終ユーザまでお届けいただきますようお願いします。
- 2) 本製品の操作は、本書をよく読んで内容を理解した後に行なってください。
- 3) 本書は、本製品に含まれる機能詳細を説明するものであり、お客様の特定目的に適合するものではありません。
- 4) 本書の内容の一部または全部を無断で転載、複製することは固くお断りいたします。
- 5) 本書の内容については、将来予告無しに変更することがあります。
- 6) 本書の内容については、細心の注意をもって作成しましたが、もし不審な点や誤り、記載もれなどお気づきのことがありましたら当社営業所・サービスまたはお買い求めの代理店までご連絡ください。

●本製品の保護・安全および改善に関する注意

- 1) 当該製品および当該製品で、制御するシステムの保護・安全のため当該製品を取り扱う際には、本書の安全に関する指示事項に従ってください。なお、これらの指示事項に反する扱いをされた場合は、当社は安全性の保証をいたしません。
- 2) 本製品を、安全に使用していただくため本書に使用するシンボルマークは下記の通りです。



危険

この表示を無視して誤った取り扱いをすると、死亡したり、大けがをしたりするほか、爆発・火災を引き起こす恐れがあります。



警告

この表示を無視して誤った取り扱いをすると、死亡、大けが、爆発、火災の恐れがあります。



注意

この表示を無視して誤った取り扱いをすると、けが、物的損害の恐れがあります。

図番号の意味



記号は、警告（注意を含む）を促す事項を示しています。
の中に具体的な警告内容（左図は感電注意）が描かれています。



記号は、してはいけない行為（禁止事項）を示しています。
の中や近くに具体的な禁止内容（左図は一般的禁止）が描かれています。



この記号は、必ずしてほしい行為を示しています。
の中に具体的な指示内容（左図は一般的指示）が描かれています。

●電源が必要な製品について

- 1) 電源を使用している場合
機器の電源電圧が、供給電源電圧に合っているか必ず確認した上で本機器の電源をいれてください。
- 2) 危険地区で使用する場合
「新・工場電気設防爆指針」に示される爆発性ガス・蒸気の発生する危険雰囲気でも使用できる機器がございます（0 種場所、1 種場所および 2 種場所に設置）。設置する場所に応じて、本質安全防爆構造・耐圧防爆構造あるいは特殊防爆構造の機器を選定して頂きご使用ください。
これらの機器は安全性を確認するため、取付・配線・配管など十分な注意が必要です。また保守や修理には安全のために制限が加えられております。
- 3) 外部接続が必要な場合
保護接地を確実にしてから、測定する対象や外部制御回路への接続を行ってください。

●製品の返却に関する注意

製品を返却される場合、いかなる事情でも弊社従業員と技術員および取り扱いに関わるすべての関係者の健康と安全に対する危険性を回避するために、適正な洗浄を行なってください。
返却時には必ず添付「安全／洗浄確認依頼書」に記入していただき、この依頼書と製品を必ず一緒に送ってください。

必要事項を記入して頂かない限り、ご依頼をお受けすることができません。

また返却の際、弊社従業員あるいは技術員と必ず事前に打ち合わせの上、返却をしてください。

安全／洗浄確認依頼書

安全／洗浄確認依頼書
物品を受け取る弊社従業員と技術員および、取扱いに関わるすべての関係者の健康と安全に対する危険性を回避するために、適正な洗浄を行なって頂くと共に被測定物についての的確な情報を記載下さるようお願い申し上げます。
For the health and safety of all personnels related with returned instruments, please proceed proper cleaning and give the precise information of the matter.

会社名： _____
(Company:)

担当者名： _____
(Person to contact:)

住所： _____
(Address:)

電話： _____
(Tel.):

F A X： _____
(Fax:)

返送理由／ Reason for the return

型式： _____
(Type of instruments:)

シリアルナンバー： _____
(Serial number:)

☐ 修理／ Repair

☐ 校正／ Calibration

☐ 交換／ Exchange

☐ 返品／ Return

☐ その他／ Other _____

プロセスデータ／ Process data

被測定物： _____
(Process matter:)

使用洗浄液名： _____
(Cleaned with :)

特性／ Properties :

☐

毒性／ Toxic

☐

☐

腐食性／ Corrosive

☐

☐

爆発性／ Explosive

☐

☐

生物学的危険性／ Biologically dangerous

☐

☐

放射性／ Radioactive

☐

水と反応／ Reacts with water

☐

☐

水溶性／ Soluble in water

☐

☐

判別不能／ Unknown

安全／洗浄確認依頼書をすべて記入して頂かない限り、ご依頼をお受けすることができません。
The order can not be handled without the completed safety sheet.

私（達）は、返送した製品に毒性（酸性、アルカリ性溶液、触媒体等）または すべての危険性がないことをここに確認します。放射性汚染機器は放射線障害防止法に基づき、お送りになる前に除染されていなければなりません。
We herewith confirm, that the returned instruments are free of any dangerous or poisonous materials (acids, alkaline solutions, solvents) . Radioactive contaminated instruments must be decontaminated according to the radiological safety regulations prior to shipment.

日付／ date： _____

ご署名／ signature： _____

本依頼書は製品と一緒に送ってください。

目次

1	機能の概要.....	4
2	各アプリケーションの説明.....	5
2.1	水のアプリケーション	5
2.2	水 / グリコールのアプリケーション	7
2.3	蒸気のアプリケーション	8
3	アプリケーションのセットアップ ...	10
3.1	プログラミングの一般的なガイドライン ...	10
3.2	単位の選択	10
3.3	水と蒸気のエネルギー測定例	11
3.4	バランス調整 (アプリケーションのリンク)	16
3.5	フェールセーフモード	18
4	技術データ.....	19

1 機能の概要

このエネルギーパッケージを使用すると、以下の入力変数に基づいて、水と蒸気のアプリケーションにおける質量流量とエネルギー流量を計算することができます：

- 流量
- 圧力
- 温度（または温度差）

さらに、グリコールをベースとする冷媒を使用した場合のエネルギーの計算も可能です。

この計算結果は、プロセス品質の重要な指標となり、プロセス最適化作業や保守のベースになります。

水および蒸気の熱力学的な計算には、国際的に認められた IAPWS-IF 97 規格が使用されます。

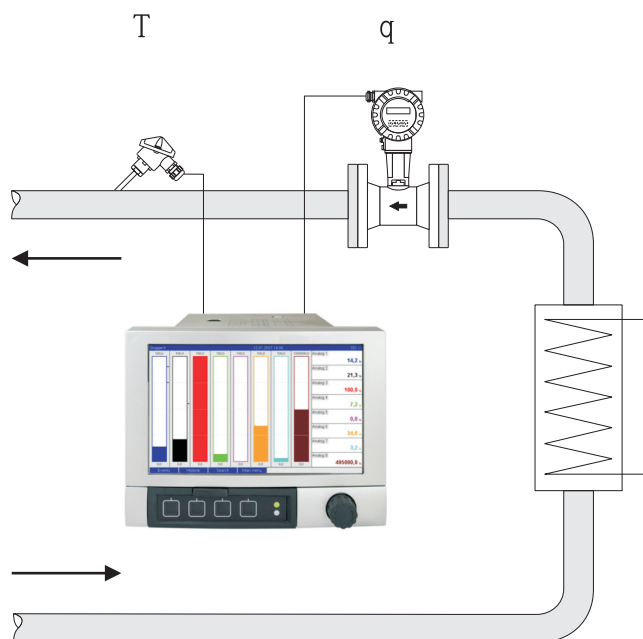
2 各アプリケーションの説明

2.1 水のアプリケーション

2.1.1 水の熱量

水流における熱量の計算 例：熱交換器の戻り管における残留熱の監視
入力変数：体積流量と温度

平均圧力は、測定された温度に基づいて自動的に計算されます。



$$E = q \cdot \rho(T,p) \cdot h(T)$$

a0009703

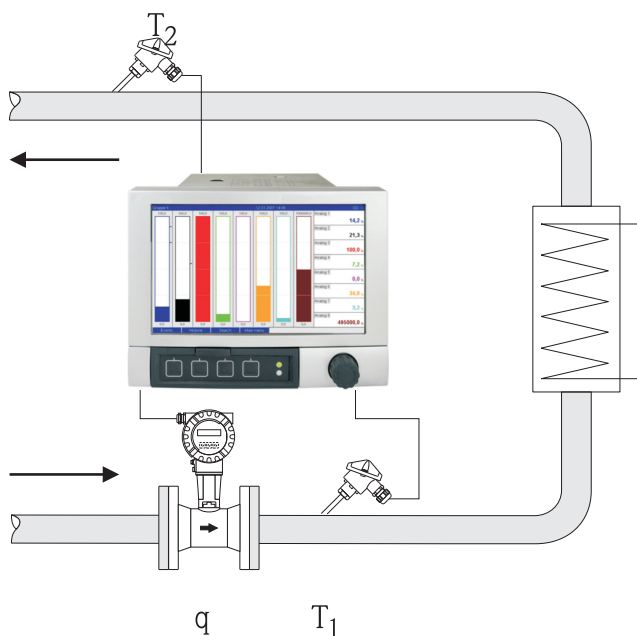
E : 熱量
q : 体積流量
 ρ : 密度
T : 運転温度
h : 水の比エンタルピー (0 °C に対する値)

2.1.2 水の熱量差

熱交換器によって放出または取り込まれる熱量の計算。加熱 / 冷却回路でエネルギーを測定する典型的なアプリケーション。

入力変数：熱交換器の上流と下流直下（供給管と戻り管）における体積流量と温度の測定値。

流量計は、高温側と低温側のどちらにでも取り付けることができます。



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot [h(T_1) - h(T_2)]$$

a0009703

E : 熱量
 q : 体積流量
 ρ : 密度
 T₁ : T (高温)
 T₂ : T (低温)
 h (T₁) : 温度 1 における水の比エンタルピー
 h (T₂) : 温度 2 における水の比エンタルピー

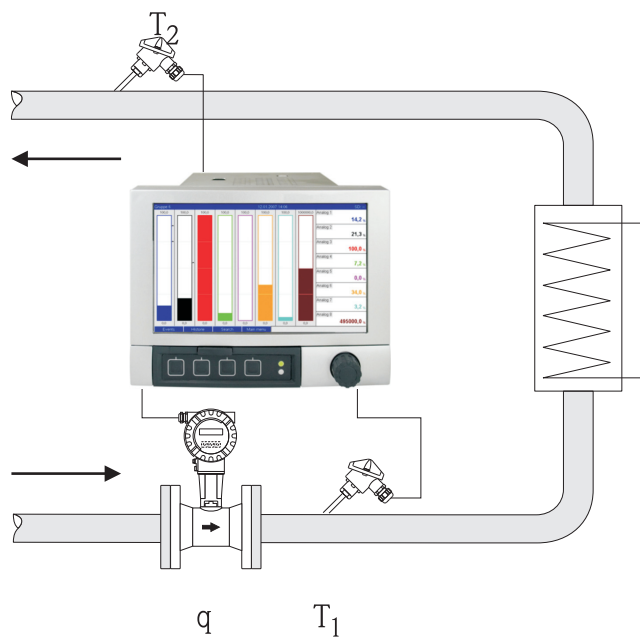
2.2 水 / グリコールのアプリケーション

2.2.1 水 / グリコールの熱量差

熱交換器における冷媒（水 / グリコールの混合物）によって放出または取り込まれる熱量の計算。
加熱 / 冷却回路でエネルギーを測定する典型的なアプリケーション。

入力変数：熱交換器の上流と下流直下（供給管と戻り管）における体積流量と温度の測定値。

流量計は、高温側と低温側のどちらにでも取り付けすることができます。



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot c_m \cdot (T_2 - T_1)$$

$$c_m = \frac{c(T_1) + c(T_2)}{2}$$

a0009705

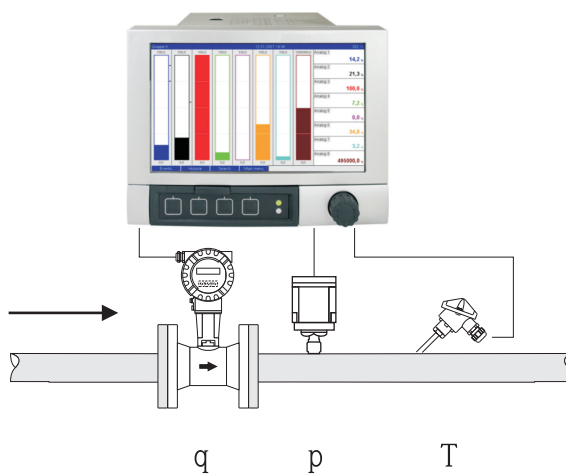
E : 熱量
 q : 体積流量
 ρ : 密度
 T₁ : T (高温)
 T₂ : T (低温)
 c (T₁) : 温度 1 における比熱容量
 c (T₂) : 温度 2 における比熱容量
 c_m : 平均比熱容量

2.3 蒸気のアプリケーション

2.3.1 蒸気の熱量

蒸気発生器の出力または個別の蒸気使用設備ごとの蒸気に含まれる質量流量と熱量の計算

入力変数：体積流量、温度、圧力



$$E = q \cdot \rho(p, T) \cdot h_D(p, T_D)$$

a0009709

E : 熱量
 q : 体積流量
 ρ : 密度
 T_D : 蒸気温度
 p : 圧力 (蒸気)
 h_D : 蒸気の比エンタルピー

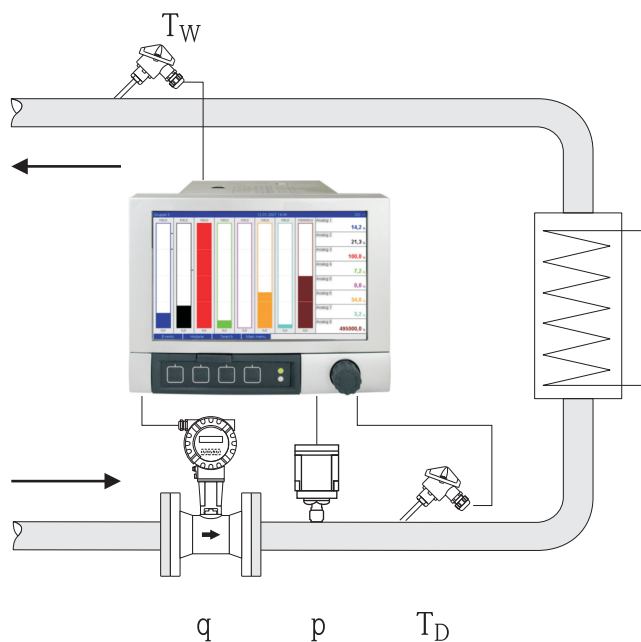
飽和蒸気測定を簡略化する場合は、圧力または温度を測定せずに行うこともできます。欠落している入力変数は、本システムに保存されている飽和蒸気曲線を使用して決定されます。圧力および温度を測定している場合は、蒸気状態の正確な判定と監視が行われます。飽和蒸気温度 = 凝縮温度になると、飽和蒸気アラームが出力されます (フェールセーフモード 3.5 を参照)。

2.3.2 蒸気の熱量差

熱交換器で蒸気が凝縮したときに放出される熱量の計算。
または、蒸気の発生に使用される熱量（エネルギー）の計算。

入力変数：熱交換器（または蒸気発生器）の上流と下流直下における圧力と温度の測定値。

流量計は、蒸気管と給水管（復水または供給水）のどちらにでも組み込むことができます。蒸気の消費や損失などの理由から、蒸気管と給水管の両方で流量測定が必要な場合は、2つのアプリケーション、すなわち蒸気と水の熱量をセットアップする必要があります。この場合、数式エディタ利用すると、演算チャンネルで質量とエネルギー量のバランスを確認することができます（3.4.1を参照）。



$$E = q \cdot \rho(p, T_D) \cdot [h_D(p, T_D) - h_W(T_W)]$$

a0009709

E :	熱量
q :	体積流量
ρ :	密度
T_D :	蒸気温度
T_W :	水（復水）の温度
p :	圧力（蒸気）
h_D :	蒸気の比エンタルピー
h_W :	水の比エンタルピー

3 アプリケーションのセットアップ

3.1 プログラミングの一般的なガイドライン

1. 流量、圧力、温度の入力を設定します：
ここでは標準入力を使用されます。測定レンジをスケーリングするための単位は、下表から選択するようお勧めします（3.2 参照）。
それ以外の場合は、アプリケーションを定義するときに、変換係数を定義する必要があります（3.2 を参照）。
2. 演算チャンネルを開きます。エネルギーまたは質量を計算する機能を有効にし、アプリケーションを選択します。入力を割り当て、単位を定義します。積算メニューで積算計の単位を選択します。
蒸気のアプリケーションでは、該当する場合、飽和蒸気アラーム時のフェールセーフモードを設定します。
3. 表示部を設定します。すなわち、表示値のグループ設定と表示モードの選択をします。

3.2 単位の選択

入力の単位とアプリケーションは、演算チャンネルのアプリケーション設定中に選択します。ここで選択する単位は、入力のスケーリングに使用する単位と同じものにするようにしてください。

入力の設定に他の単位を使用する場合は、その単位を表に示されている単位に変換する演算チャンネルを選択する必要があります。その場合は、その演算チャンネルが、別の演算チャンネルで流量入力としてエネルギーまたは質量の計算に使用されます。

エネルギーパッケージの単位

流量	m ³ /h	ft ³ /h	gal/h	ft ³ /min	GPM			
圧力	bar(a)(g)	Psi(a)(g)	MPa(a)(g)	inH ₂ O(a)(g)				
温度	°C	K	°F					
熱流量	kW	MW	kBTU/h	MBTU/h	トン	kBTU/min	サーム /min	サーム /h
熱エネルギー	kWh	MWh	MJ	MBTU	トン h	kBTU	サーム	
質量流量	kg/h	t/h	lbs/h	トン /h				
質量の総和	kg	t	lbs	トン				

gal = 液量ガロン : 1 ft³ = 7.48051948 gal

トン = 米トン (ショート) : 1 トン = 907.184 74 kg

トン = 冷凍トン : 1 トン = 3.516 852 84 kW

BTU = 国際 [蒸気] 表 (IT) : 1 Btu = 1055.056 kJ

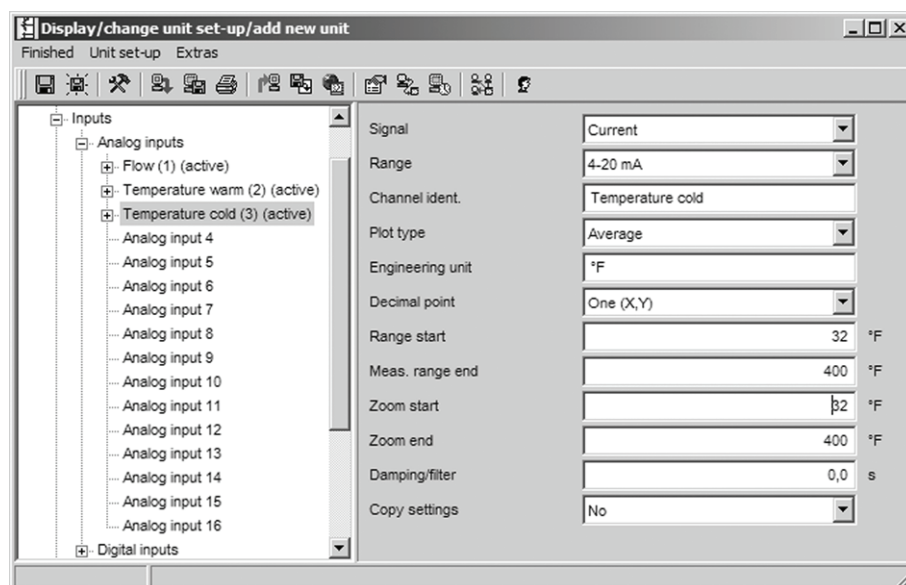
サーム = 米サーム (BTU59 °F に基づく) : 1 サーム = 105 480.4 kJ

GAL = 毎分ガロン

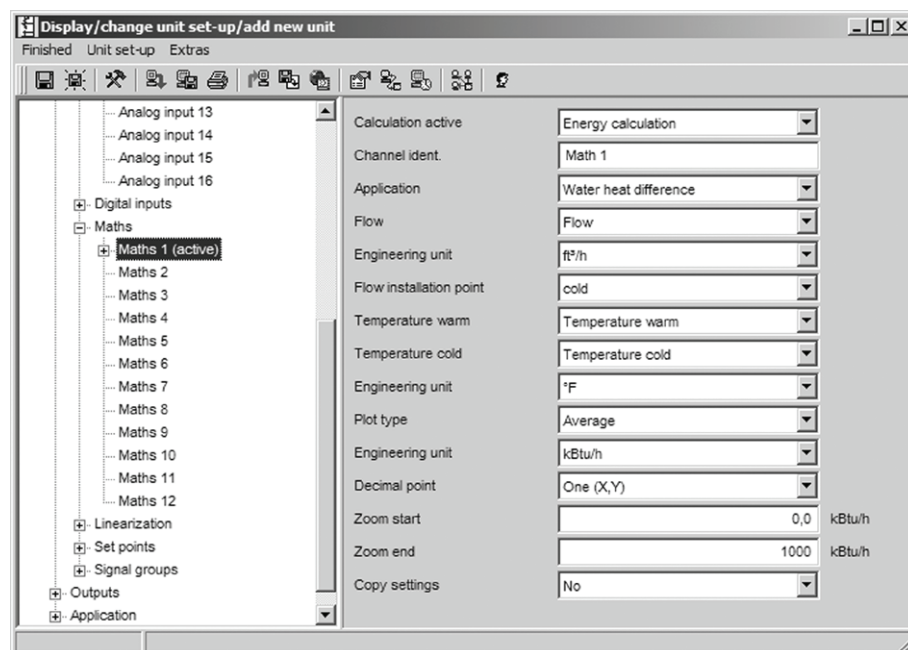
3.3 水と蒸気のエネルギー測定例

3.3.1 水の熱量差の例

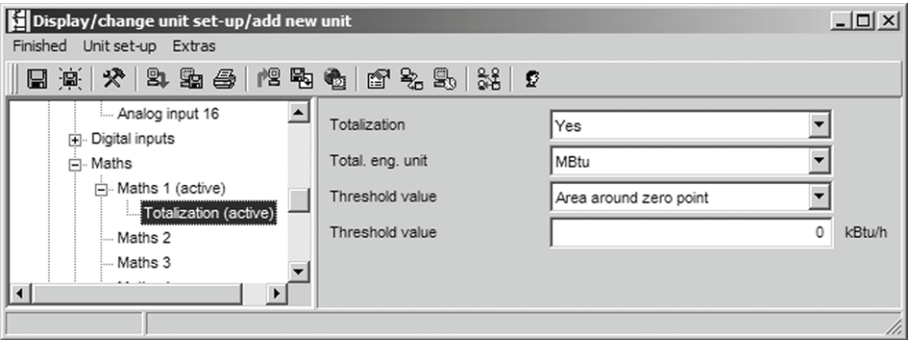
1. 流量、圧力、温度の入力を設定します。
信号を選択し、チャンネル識別名を入力し、単位を定義し（表 3.2 参照）、測定レンジを設定します。



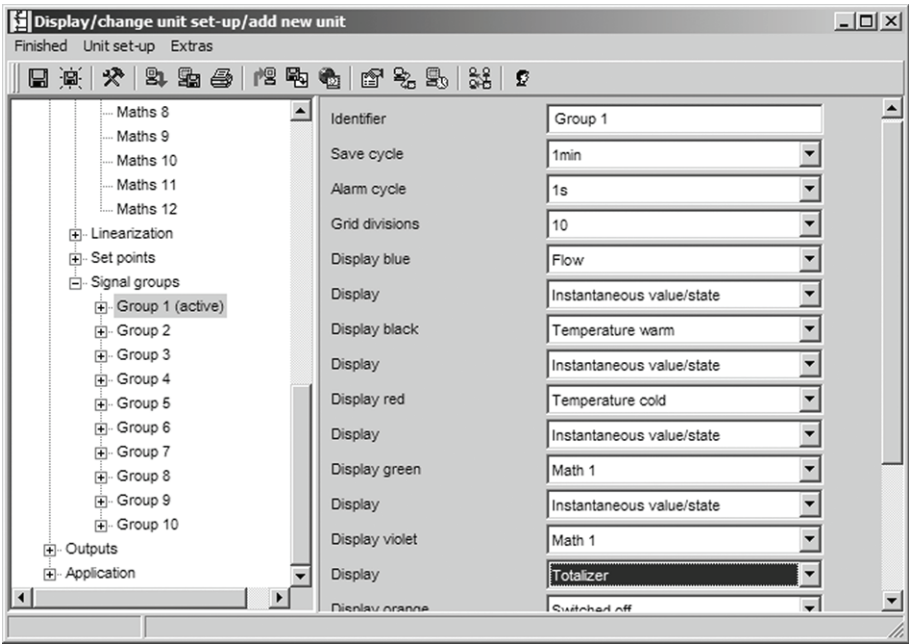
2. エネルギー計算を設定します。
2.1 演算チャンネルを開き、エネルギー計算を選択し、センサと単位を割り当て、流量計取付ポイントとズームレンジを指定します。



- 2.2 積算計の単位を選択します。
- 積算を有効にし、単位を選択し、必要な場合は（しきい値よりも小さい値を積算しない場合）、しきい値（低流量カット）を設定します。

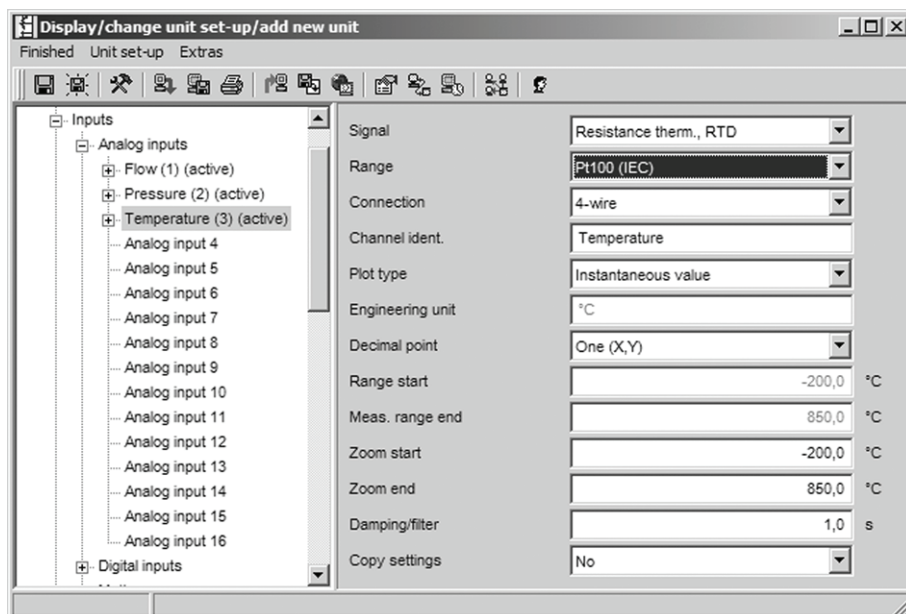


3. 表示部を設定します。
- 各値を選択し、表示部の情報表示方法を選択します。

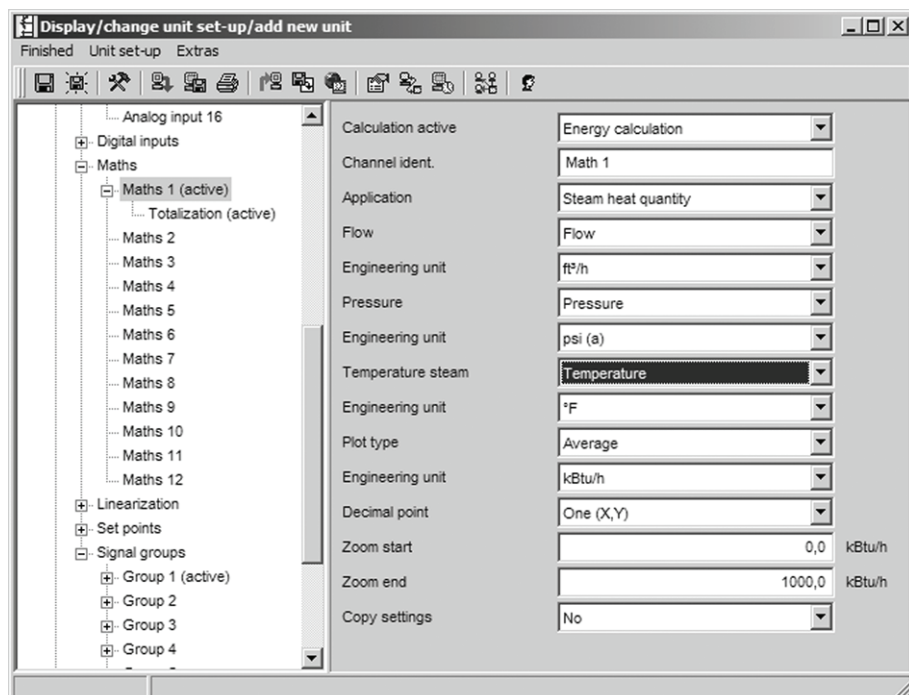


3.3.2 蒸気の熱量 / 質量の例

1. 流量、圧力、温度の入力を設定します。
信号を選択し、チャンネル識別名を入力し、単位を定義し（表 3.2 参照）、測定レンジを設定します。



2. エネルギー計算を設定します。
2.1 演算チャンネルを開き、エネルギーまたは質量の計算を選択し、センサおよび単位を割り当てます。
エネルギーと質量を両方とも計算 / 表示する場合は、各設定を演算チャンネル 2 にコピーし、そこで「質量計算」を選択します。

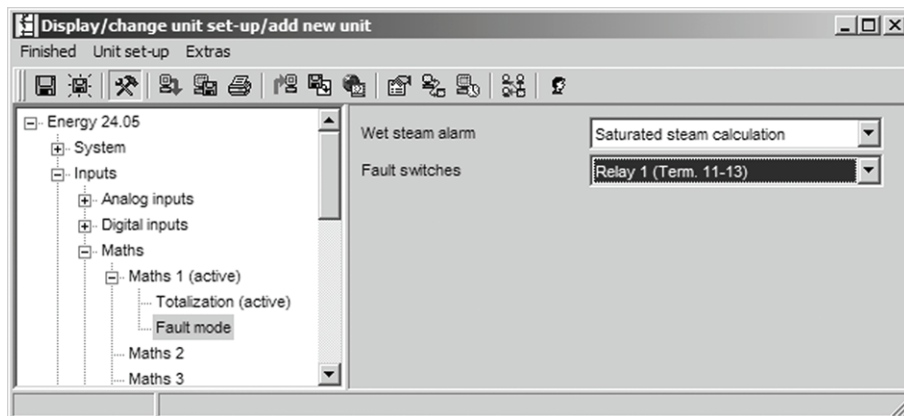


- 2.2 積算計の単位を選択します。
積算を有効にし、単位を選択し、必要な場合は、しきい値（低流量カット）を設定します（例 3.2.2、項番 2.2 を参照）。

2.3 飽和蒸気アラームの動作を設定します。

(設定可能なのは、圧力と温度の入力を使用する場合に限られます。)

単位セットアップ / エキスパートを有効にし、飽和蒸気アラームの故障モードを設定します (飽和蒸気アラームの場合に積算計停止、または飽和蒸気条件下で計算を継続し、積算を継続する。すなわち積算計が通常動作し続ける。飽和蒸気アラームの信号をリレーから出力するかどうか選択します)。



3. 表示部を設定します。
表示部の各値と表示モードを選択します (操作項目 : 信号グループ (例 3.2.2、項番 3))。

3.3.3 差圧式流量測定

差圧法（オリフィスプレート、ピトー管など）に基づいた流量測定は、設計点でのみ正確に行われます。温度と圧力が変動すると、精度にかなり影響が出ます。例えば設計圧力 10 bar では、1 bar の圧力変動により約 11% の測定誤差が生じる可能性があります。

したがって、この測定方式を採用するときは、演算チャンネルを使用して質量とエネルギーの測定を補償するようお勧めします。このために、測定点の設計データシートが必要になります。特に以下のデータが必要です：

- 設計条件における圧力
- 設計条件における温度
- 設計条件における密度

例：蒸気測定の設計条件：

P(a)：10 bar - 絶対圧力

T(a)：200 °C

密度 (a)：4.85 kg/m³

最大流量 9.07 t/h

段階的な設定。

1. 差圧 (DP) 式変換器の出力を、体積流量または質量 (10 トン /h) にスケーリングします (特性曲線は平方根関数)。
2. グラフィックデータマネージャの入力を選択し、体積流量 (すなわち m³/h など) にスケーリングします。例のように DP 変換器の出力が質量にスケーリングされている場合は、体積流量を設計条件で計算する必要があります。例：
 $9.07 \text{ t/h} \times 1000 \div 4.85 \text{ kg/m}^3 = 1870.10 \text{ m}^3/\text{h}$
 (DP 変換器の出力は質量にスケーリングしたままにできます)。
3. 演算チャンネル (1-8) で、質量またはエネルギー測定を選択します。その次に、蒸気のアプリケーションを設定します。(例 3.3.2 参照)
4. 演算チャンネル (9-12) を選択し、以下の式を入力します (該当する場合、M1 をステップ 3 で選択した演算チャンネルに変更します)：
 $M1 * (P/P(a))^{0.5} * (T(a)/T)^{0.5}$
 P：運転圧力 (測定値)
 Pa：設計条件における圧力
 T：運転温度 (測定値)
 Ta：設計条件における温度

Ta と T は、絶対温度 (ケルビン) です。つまり、場合によっては、温度の変換を含むように上式を変更する必要があります。さらに、圧力の単位は同じであるようにしてください (絶対圧力と相対圧力を混在させないなど)。

例：°C 単位での温度測定 (bar 絶対圧測定)

$$M1 * ((P/10) * (200 + 273.15) / (T + 273.15))^{0.5}$$

計算結果は、補償された質量流量またはエネルギー流量になります。

3.4 バランス調整（アプリケーションのリンク）

3.4.1 概要

質量またはエネルギー量の互いのバランスを監視するため、あるいは特性値を計算するために、どの演算チャンネルでも使用することができます。

例：蒸気ボイラのバランス調整。

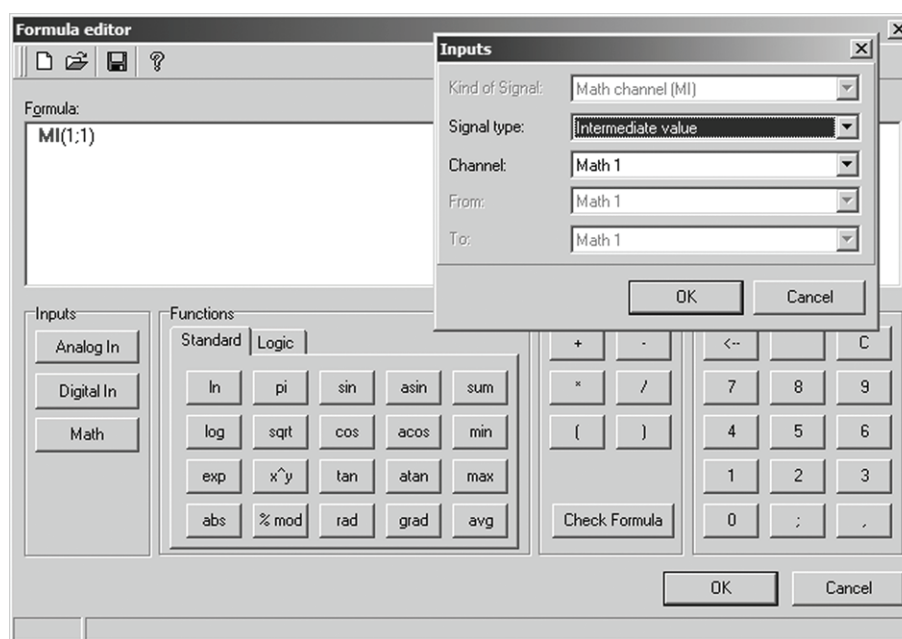
- 蒸気の熱量を演算チャンネル 1 で計算します。
- 演算チャンネル 2 を、水の熱量の計算に使用します（蒸気系の復水流における残留エネルギー）。

求める結果：

蒸気供給管と復水戻り管の間で放出されるエネルギー。

解法：

演算チャンネル 3 を開き、数式エディタを選択し、エネルギー量の差をとります（演算チャンネル 1－演算チャンネル 2）。



a0009703

3.4.2 蒸気ボイラの監視

プラントの安全を確保し、プロセスを最適化し、コストを節減するために、蒸気ボイラを監視します。

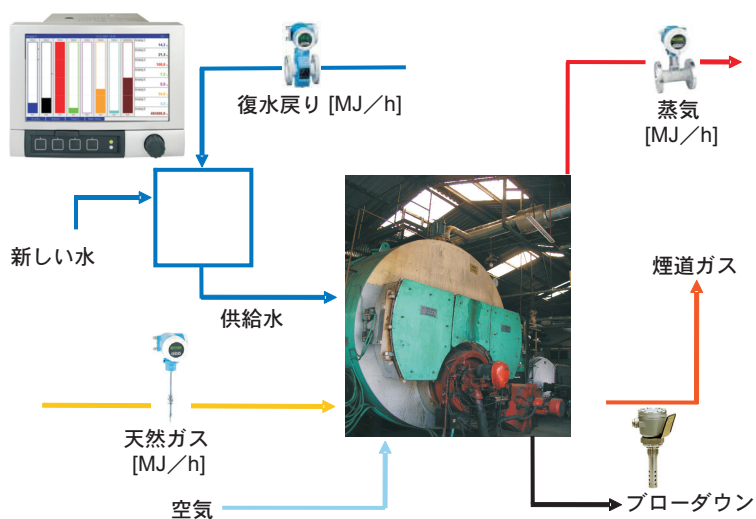
プラントの安全を監視するための測定変数：

- レベル
- ボイラ圧力
- ボイラ温度

プロセスを最適化するための測定変数と特性値：

- 蒸気流のエネルギー
- 復水流のエネルギー
- 供給水または新しい水のエネルギー
- ブローダウンのエネルギー
- 燃料（天然ガス、暖房用燃料油など）のエネルギー
- 煙道ガス流のエネルギー、酸素含有量および温度
- 燃焼空気の質量流量（O₂ 含有量と温度を含む）
- 化学分析：pH、溶存酸素、導電率

効率



a0009725-en

ボイラ効率を計算するためのグラフィックデータマネージャのプログラミング

演算チャンネルにおける効率計算には、通常積算計の値（積算値）が使用されます。

a) 開放系

- 演算チャンネル 1 (M1) : 蒸気の熱量
- 演算チャンネル 2 (M2) : 供給水の熱量
- 演算チャンネル 3 (M3) : 蒸気発生のための天然ガスの燃焼エネルギー*
- 演算チャンネル 4 (M4) : ボイラ効率の計算

$$\text{数式 (M4)} = (M1 - M2) / M3$$

b) 閉じた系（すなわち復水が戻る系）

- 演算チャンネル 1 (M1) : 蒸気の熱量
- 演算チャンネル 2 (M2) : 復水における水の熱量
- 演算チャンネル 3 (M3) : 蒸気発生のための天然ガスの燃焼エネルギー*
- 演算チャンネル 4 (M4) : ボイラ効率の計算

$$\text{数式 (M4)} = (M1 - M2) / M3$$

c) ブローダウンを考慮に入れた閉じた系

- M1 : 蒸気の熱量差（蒸気流量、T（蒸気）、P（蒸気）、T（供給水））
- M2 : 蒸気の熱量差（供給水の流量、T（蒸気）、T（供給水））
- M3 : ブローダウンによって生じるエネルギー損失 : (M2 - M1)
- M4 : 蒸気を発生させるための天然ガスの燃焼エネルギー*
- M5 : ボイラ効率の計算 (M2 / M4)

ブローダウンによって生じるエネルギー損失は、蒸気の熱量差のアプリケーションを使用して概算で計算することもできます。

仮定：質量（ブローダウン）= 質量（新しい水）

- M1 : 蒸気の熱量
- M2 : 復水における水の熱量
- M3 : ブローダウンによって生じるエネルギー損失、水の熱量差 (V、T（新しい水）; V、T（蒸気））
- M4 : 蒸気を発生させるための天然ガスの燃焼エネルギー*
- M5 : ボイラ効率の計算

$$\text{数式 (M5)} = (M1 - M2 + M3) / M4$$

*天然ガスの質量流量は流量計で測定され、グラフィックデータマネージャに転送されます。演算チャンネル 3 で、天然ガスの流量がエネルギーに変換されます（天然ガスの低位発熱量*天然ガスの質量流量）。

3.5 フェールセーフモード

フェールセーフモードのセットアップは、エキスパートモードでのみ行うことができます。入力フェールセーフモードの設定については、グラフィックデータマネージャ操作説明書（CD-ROM に収録）のセクション 6.4 に記載されています。

故障の場合、エネルギーと質量の計算は、代替値を使用して継続されるか、無効になります。蒸気のアプリケーションでは、凝縮温度に達すると（飽和蒸気アラーム）、T を使用して飽和蒸気状態が判定され、熱流量が計算されます。積算計の動作は、メニュー項目 “フェールセーフモード / 飽和蒸気アラーム” で定義することができます：

- 積算停止（積算計の停止）
- 積算を継続、積算計は動作し続ける（飽和蒸気の計算）

4 技術データ

	水	水 / グリコール	蒸気
測定レンジ	0 ～ 350 °C	-40 ～ 200 °C	
過熱蒸気の測定レンジ			0 ～ 1000 bar 0 ～ 800 °C
飽和蒸気の測定レンジ			0 ～ 165 bar 0 ～ 350 °C
最小温度差	0 °C		
濃度		0 ～ 60 vol %	
誤差の限界（ユニバーサル入力）	3 ～ 20 °C : 測定値の 1.0 % 未満 20 ～ 250 °C : 測定値の 0.3 % 未満		
スキャンレート	500 ms		
計算規格	IAPWS-IF 97	多項式関数 (誤差 : 最大 . 0.6 %)	IAPWS-IF 97

●機器調整（新規調整、再調整、故障）不適合に関するお問い合わせ

サービス部サービスデスク

〒183-0036 府中市日新町 5-70-3

Tel. 042(314)1919 Fax. 042(314)1941

■仙台サービス

〒980-0011 仙台市青葉区上杉 2-5-12 今野ビル

Tel. 022(265)2262 Fax. 022(265)8678

■新潟サービス

〒950-0923 新潟市中央区姥ヶ山 4-11-18

Tel. 025(286)5905 Fax. 025(286)5906

■千葉サービス

〒290-0054 市原市五井中央東 1-15-24 斉藤ビル

Tel. 0436(23)4601 Fax. 0436(21)9364

■東京サービス

〒183-0036 府中市日新町 5-70-3

Tel. 042(314)1912 Fax. 042(314)1941

■横浜サービス

〒221-0045 横浜市神奈川区神奈川 2-8-8 第1川島ビル

Tel. 045(441)5701 Fax. 045(441)5702

■名古屋サービス

〒463-0088 名古屋市守山区鳥神町 88

Tel. 052(795)0221 Fax. 052(795)0440

■大阪サービス

〒564-0042 吹田市穂波町 26-4

Tel. 06(6389)8511 Fax. 06(6389)8182

■水島サービス

〒712-8061 倉敷市神田 1-5-5

Tel. 086(445)0611 Fax. 086(448)1464

■徳山サービス

〒745-0814 周南市鼓海 2-118-46

Tel. 0834(25)6231 Fax. 0834(25)6232

■小倉サービス

〒802-0971 北九州市小倉南区守恒本町 3-7-6

Tel. 093(963)2822 Fax. 093(963)2832

■計量器製造業登録工場 ■特定建設業認定工場許可（電気工事業、電気通信工事業）

Endress+Hauser 
People for Process Automation

エンドレスハウザー ジャパン株式会社

12.10/ マーコムグループ

BA266R/33/JA/05.10
STAR/FM+SGML 6.0J

本誌からの無断転載・複製はご遠慮ください。また、記載内容はお断りなく変更することがありますのでご了承ください。