



**APROL**

# **Мониторинг состояния технологического оборудования**

**19 ноября 2014**  
Алексей Сапунов  
B&R, г. Екатеринбург



## Типы программ обслуживания

### Реактивное обслуживание

Режим обслуживания «Работает, пока не сломается»  
Все еще преобладающий тип обслуживания

Реактивное  
обслуживание

### Превентивное обслуживание

Действия выполняются по расписанию в зависимости от  
времени или наработки оборудования

Превентивное  
обслуживание

Контроль износа с целью увеличения жизненного цикла  
оборудования

Продление жизни и увеличение надежности оборудования

Обслуживание по  
состоянию

### Обслуживание по состоянию и предиктивное обслуживание

Измерения выявляют износ

Возможность исключить рутинные операции

Мгновенное обнаружение значительного износа

Результаты определяют текущую и будущую возможность  
функционирования

Предиктивное  
обслуживание



## Параметры состояния предоставляют ценную информацию



### Механические

Крутящий момент, скорость, давление

### Электрические

Ток, мощность, качество электроэнергии

### Вибрация и шум

Амплитуда, частота, уровень

### Термодинамические

Давление, энтальпия, температура

### Параметры процесса

Отходы, потребление ресурсов и т.п.

### Анализ материалов

Состав, примеси

### Периоды и время

Работа, простой, время цикла



## Измерение параметров вручную портативными средствами



### Высокие расходы на специалистов

Сложные производства требуют много точек измерения

Периодическая инспекция состояния во всех точках

Сокращенный интервал проверки по критическим точкам требует большее количество персонала



## **Обслуживание на основании данных о состоянии с минимальными затратами и усилиями**



# Мониторинг состояния

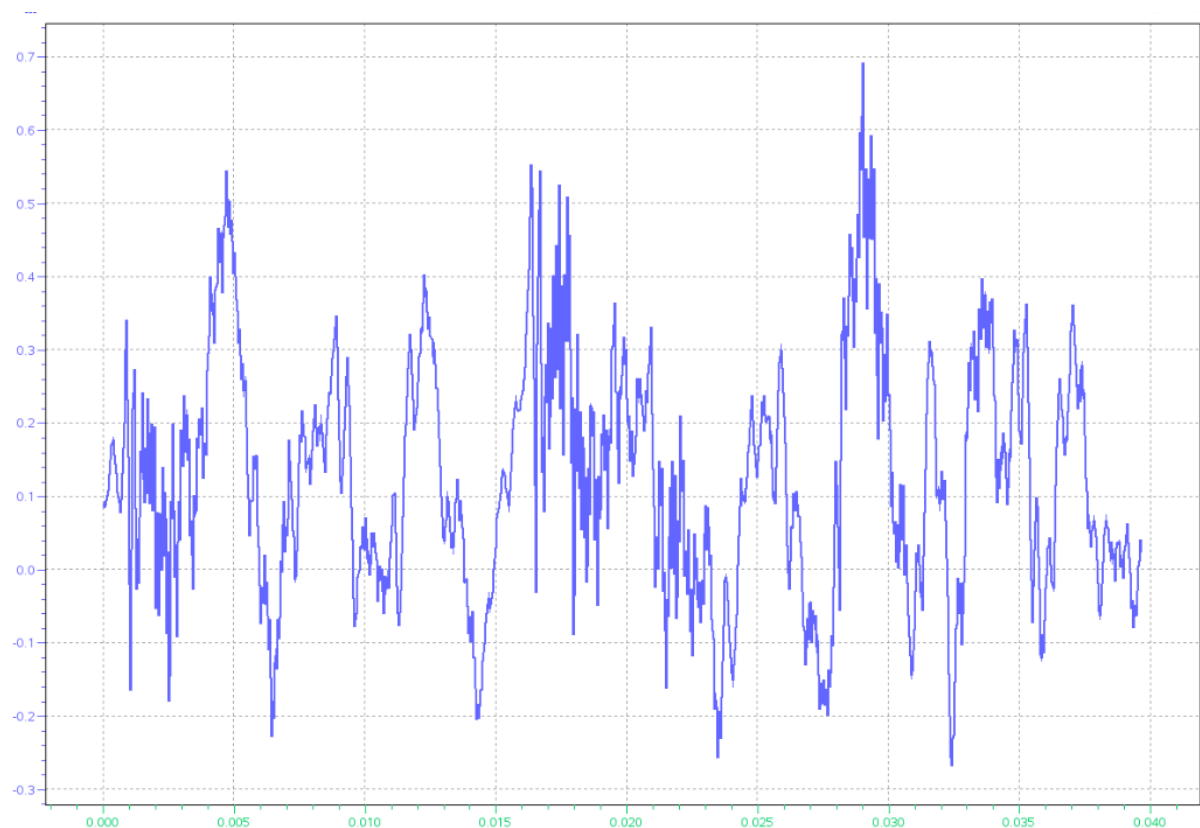
## Пример



Механический дисбаланс, измеряемый датчиком ускорения, преобразуется в электрический сигнал



Частота вращения  
3000 об/мин = 50 Гц

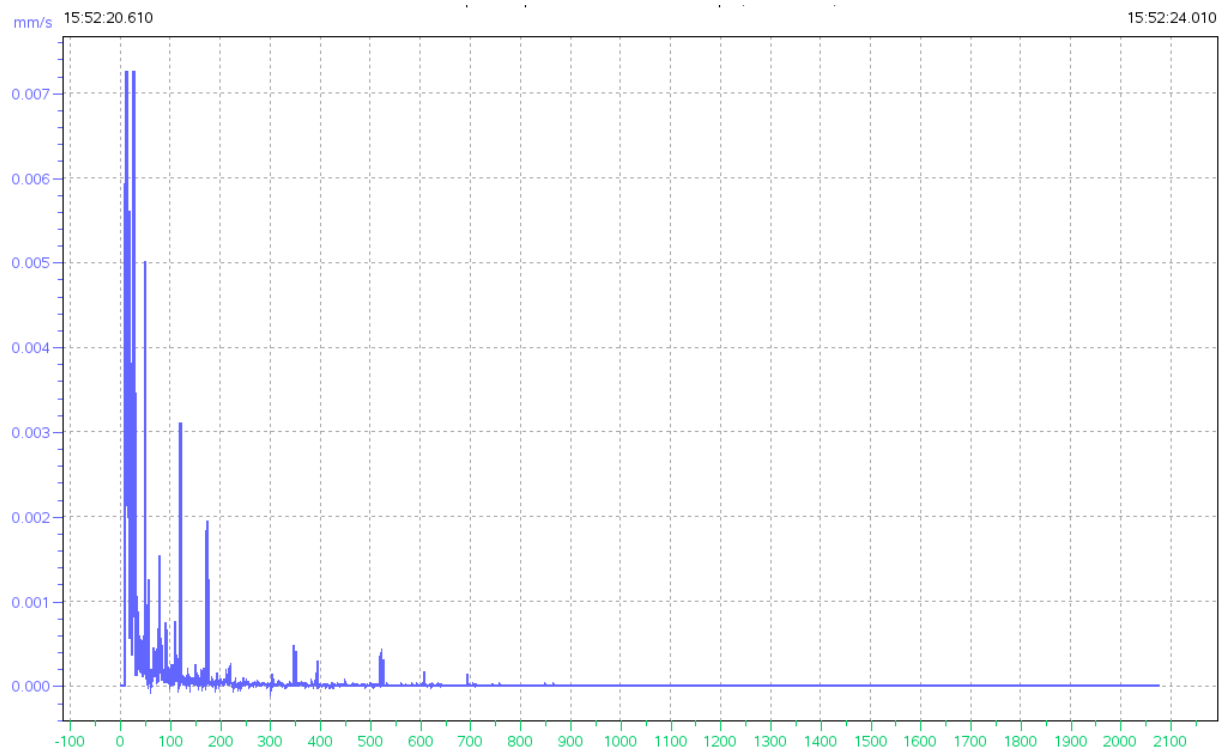




Спектр частот электрического сигнала выделяется быстрым преобразованием Фурье



Частота вращения  
3000 об/мин = 50 Гц



# Пример: вентилятор



Необходимо настроить характерные частоты неисправностей

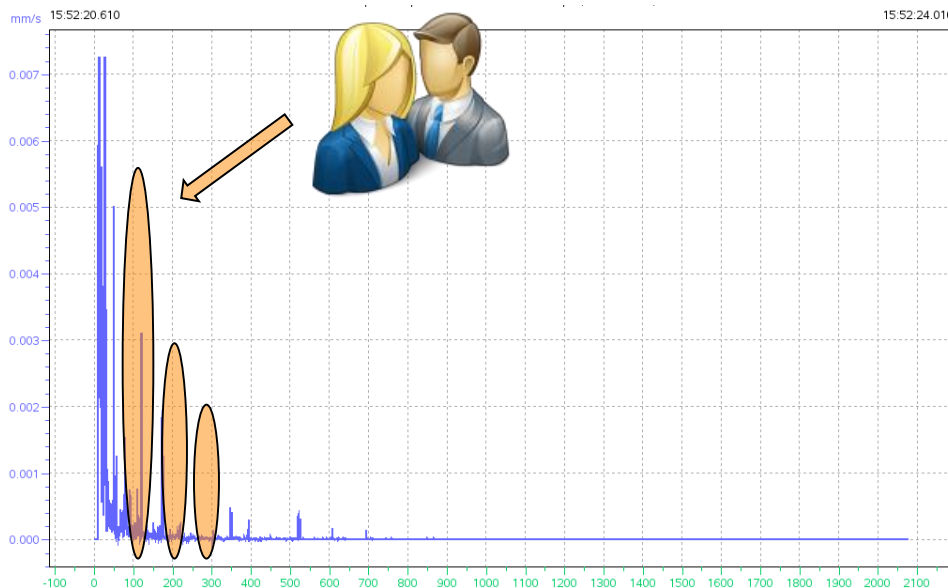
Частота неисправности:

- Дисбаланс = частота вращения \* 1
- Подшипник = частота вращения \* x [x → см. документацию поставщика]

*Подшипник имеет больше одной частоты неисправности*



Частота вращения  
3000 об/мин = 50 Гц





## Документация от поставщика подшипника

**medias®**

**SCHAEFFLER**



### Bearing analysis

#### Calculation / Installation proposal

Date: 2012-09-19 10:15:03

All rights are reserved with regard to this document, even in the document itself, nor copies thereof or any other renderings of this document has been prepared on the basis of your requirements made available to us. The document has been prepared solely in the art, but do not constitute an express or implied guaranty as to provided in the document only in the event of willful intent or neg

#### Basic frequencies:

Overrolling frequency on inner ring	BPFI	6.1097 1/s
Overrolling frequency on outer ring	BPFO	3.8903 1/s
Overrolling frequency on rolling element	BSF	2.0896 1/s
Ring pass frequency on rolling element	RPFB	4.1791 1/s

#### Bearing:

Designation	1202-TVH	
Inside diameter	d	15.000 mm
Outside diameter	D	35.000 mm
Width	B	11.000 mm
Basic dynamic load rating	C	7700 N
Basic static load rating	C0	1730 N
Fatigue limit load	Cu	108 N
Reference speed	n_ref	26000.0 1/min
Limiting speed	n_lim	26000.0 1/min
Limiting speed, oil	n_lim_o	26000.0 1/min
Limiting speed, grease	n_lim_g	20000.0 1/min

#### Basic frequencies:

Overrolling frequency on inner ring	BPFI	6.1097 1/s
Overrolling frequency on outer ring	BPFO	3.8903 1/s
Overrolling frequency on rolling element	BSF	2.0896 1/s
Ring pass frequency on rolling element	RPFB	4.1791 1/s
Speed of rolling element set for rotating inner ring	FTF_i	0.3890 1/s
Speed of rolling element set for rotating outer ring	FTF_o	0.6110 1/s

# Пример: вентилятор

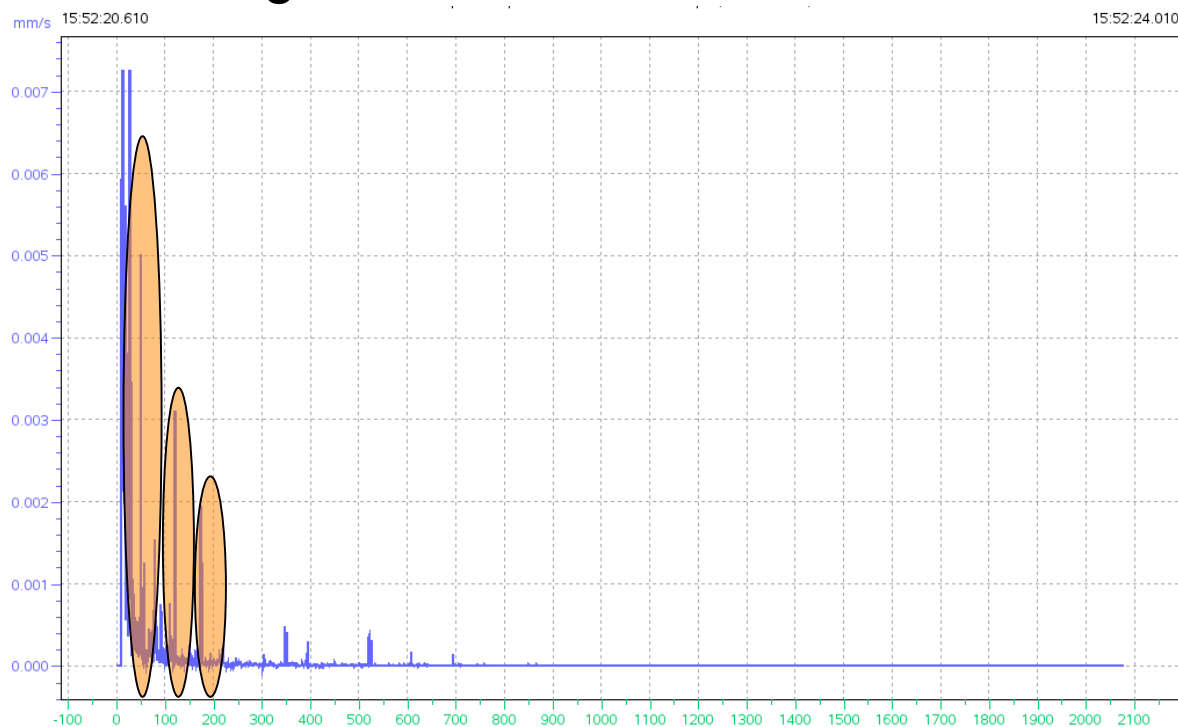


В модуле вычисляется эффективное значение для частот неисправности

- Диапазон частот 1 = 723 mg
- Диапазон частот 2 = 350 mg
- ...
- Диапазон частот 32 = 277 mg



Частота вращения  
3000 об/мин = 50 Гц







Необходимо...

... знать частоты неисправностей и ...

...предельные значения для критического состояния оборудования

Остальное выполняется модулем





**Решение для мониторинга состояния**  
**Технология измерения**  
**вибраций от B&R**



## Компактность

- 4 IEPE канала (Integrated Electronics Piezo Electric, интегрированная пьезоэлектрика)
- Разрешение 24 Бита
- Внутренняя частота измерения 51,2 kHz (макс расчетная частота: 10 kHz)

## Интеллектуальность

- Интегрированный анализ данных
- Необработанные значения
- Построение огибающей (напр. подшипник, редуктор)

## Простота

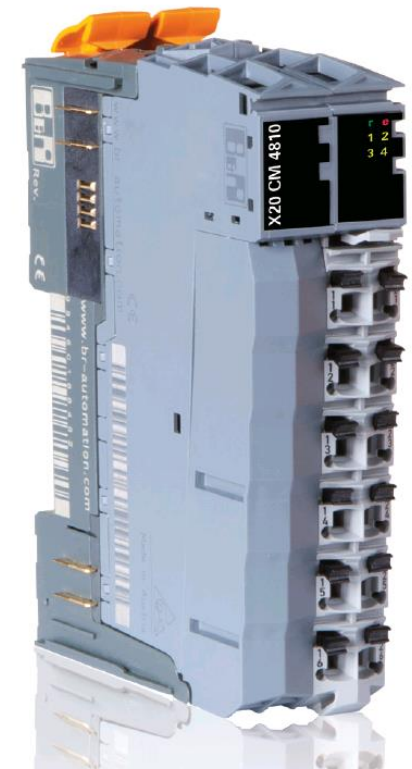
- Настройка параметров





## Измеряемые параметры

- Пик, высокие частоты
- Крест-фактор, высокие частоты
- VDI 3832 K(t) высокие частоты
- Пик, исходный сигнал
- Крест-фактор, исходный сигнал
- Асимметрия, исходный сигнал
- Эксцесс, исходный сигнал
- VDI 3832 K(t) Исходный сигнал
- Эффективное значение, высокие частоты
- Эффективное значение ускорения, исходный сигнал
- Эффективное значение скорости, исходный сигнал
- ISO 10816
- Огибающая, эффективное значение ускорения
- Огибающая, эффективное значение скорости



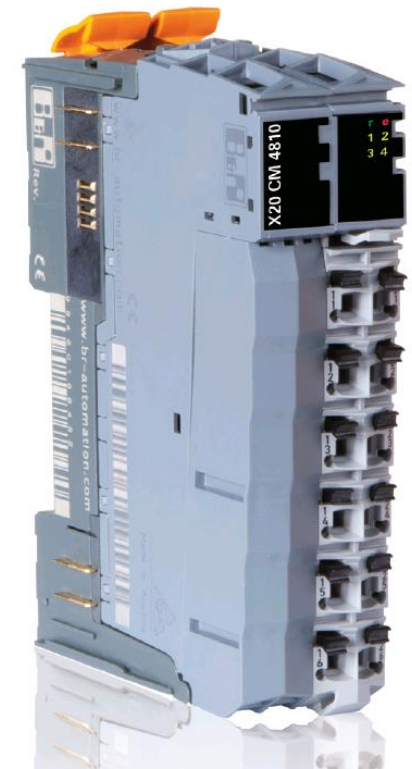


Настройка диапазонов частот на основании:

- Эффективное значение скорости, исходный сигнал
- Эффективное значение ускорения, исходный сигнал
- Огибающая, эффективное значение скорости
- Огибающая, эффективное значение ускорения

Конфигурируемые параметры:

- Частота
- Ширина спектра
- Гармоники да/нет
- Заданная частота / переменная частота





## Гибкость

- Интегрированы в систему автоматизации

## Экономичность

- Система вибродиагностики для серийного оборудования

## Полнота решения

- Датчики вибрации
  - IEPЕ интерфейс
  - Чувствительность 100 мВ/г
  - Диапазон измерения +/- 50g
  - 2 варианта исполнения для различных способов установки





Решение для мониторинга состояния  
**APROL ConMon**



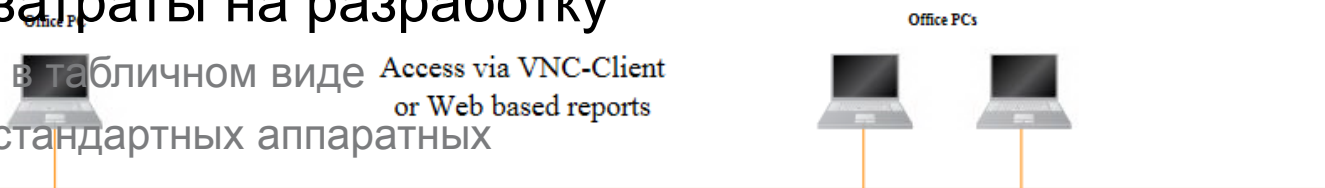


## Коробочное решение

### Минимальные затраты на разработку

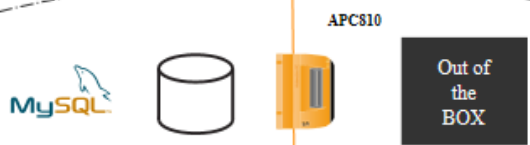
Конфигурирование в табличном виде  
Предустановка на стандартных аппаратных компонентах

Access via VNC-Client  
or Web based reports



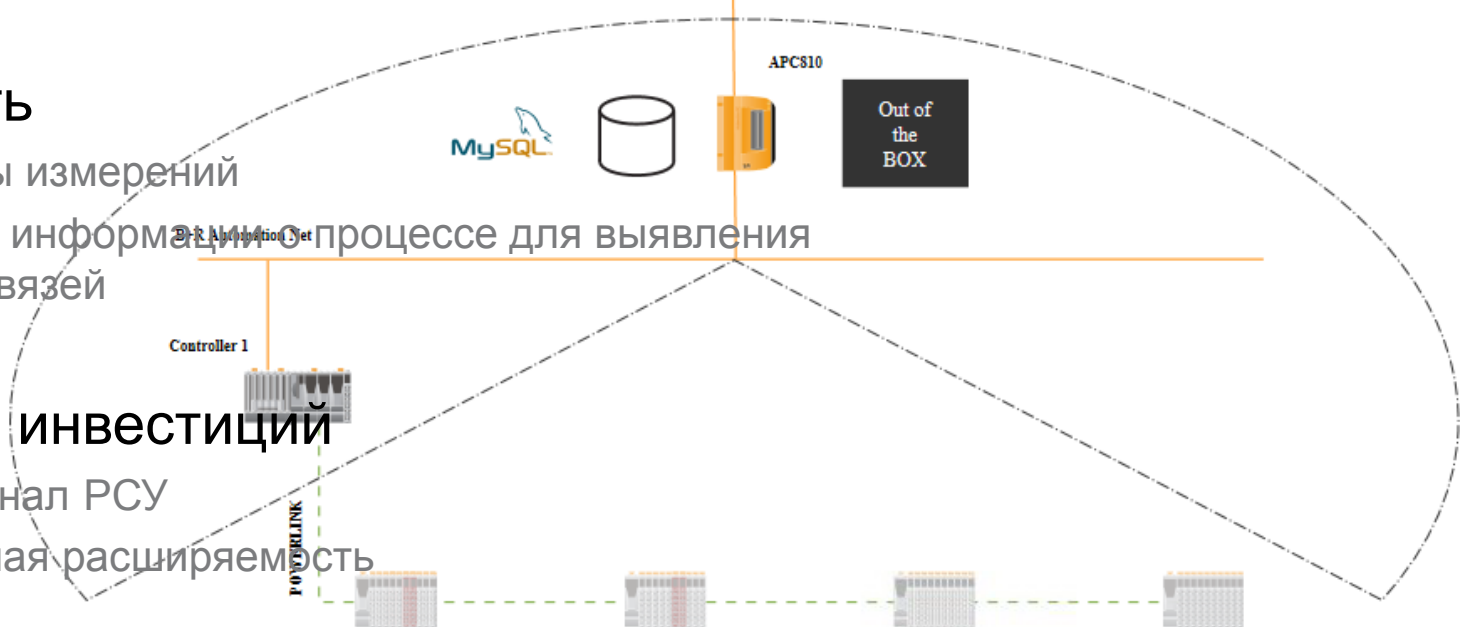
### Гибкость

Все типы измерений  
Полнота информации о процессе для выявления взаимосвязей



### Защита инвестиций

Функционал PCSU  
Свободная расширяемость



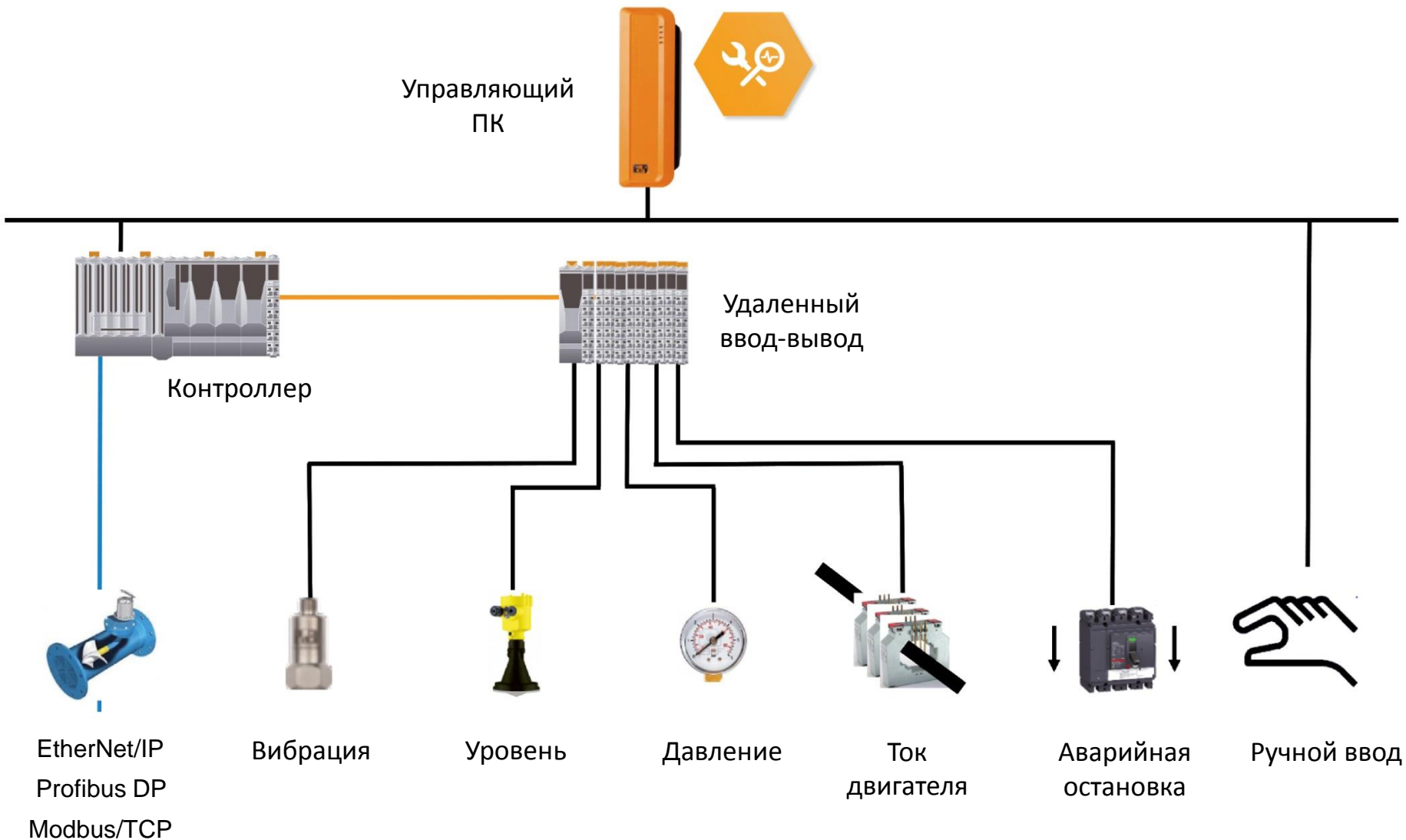


## Измеряемые величины

- Вибрация
- Скорость
- Ток двигателя
- Температура
- Давление
- Поток
- Уровень
- Проводимость
- ...



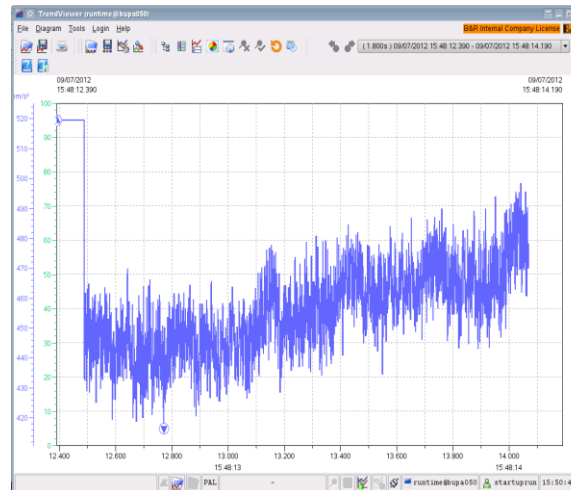
Измерение всех значимых величин



## Лицевые панели

### Для каждого типа сигнала

- Аналоговые сигналы
- Дискретные сигналы
- Импульсы
- Полевые шины
- Сложные модули

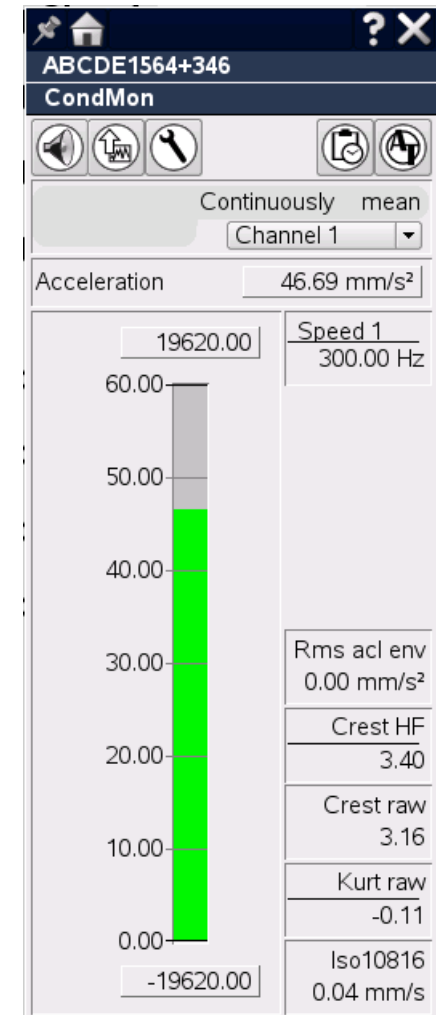


### Готовые модули управления

- ЧМИ (лицевые панели)
- Встроенные графики
- Встроенная система сообщений
- Встроенный журнал сменщика

### Аварийная остановка

- Остановка машины или снижение скорости и т.д.
- в зависимости от состояния



# Интерфейс модуля вибродиагностики CM4810 - I



ABCDE1564+346  
CondMon

Continuously mean  
Channel 1

Acceleration 46.69 mm/s<sup>2</sup>

Speed 1  
300.00 Hz

60.00  
50.00  
40.00  
30.00  
20.00  
10.00  
0.00

19620.00

-19620.00

Rms acl env  
0.00 mm/s<sup>2</sup>

Crest HF  
3.40

Crest raw  
3.16

Kurt raw  
-0.11

Iso10816  
0.04 mm/s

ABCDE1564+346  
CondMon

Triggered rms  
Channel 4

Acceleration 0.00 mm/s<sup>2</sup>

1255680.00

25.00  
20.00  
15.00  
10.00  
5.00  
0.00

Speed 4  
300.00 Hz

Rms acl env  
0.00 mm/s<sup>2</sup>

Crest HF  
1.00

Crest raw  
1.00

Kurt raw  
-3.00

Iso10816  
0.00 mm/s

ABCDE1564+346  
CondMon

Error list

extended  
All:7

Moc	Src	Ack	Res	Lck	Description
0	0	✓	---	---	Broken wire channel 01
0	0	✓	---	---	Broken wire channel 02
0	0	✓	---	---	Broken wire channel 03
0	0	✓	---	🔒	Broken wire channel 04
0	0	✓	---	---	Live signal error
0	0	✓	---	---	Configuration error
0	0	✓	---	---	Module error

51.51 mm/s<sup>2</sup> AI1  
--- AI2  
--- AI3  
0.00 mm/s<sup>2</sup> AI4  
ABCDE1564+346



### Analog configuration

ABCDE1564+346  
CondMon

**Bargraph channel 1**

Max: 60.00 (Custom) / 19620.00 (System)  
Min: 0.00 (Custom) / -19620.00 (System)

### Channel configuration

ABCDE1564+346  
CondMon

Channel 1

Channel config	Value	Unit
Analog input mode	Mean value	---
Analog input triggered	✗	---
Analog input scaling	19620.0	mm/s <sup>2</sup>
High Frq Config	1000.0	Hz
Frq resolution spectrum raw	0.63	Hz
Total buffer time raw	1.59	sec
Sample time raw	0.00	sec
Min frq raw	10.0	Hz
Max frq raw		
Frq resolution spectrum envel		
Total buffer time envelope		
Sample time envelope		
Min frq envelope		
Max frq envelope		

### Analog input trigger

ABCDE1564+346  
CondMon

**Trigger Channel 1**

Continuously mean: Internal (selected) / External  
disabled / enabled

**Trigger Channel 4**

Triggered rms: Internal (selected) / External  
disabled / enabled

### Reference values

ABCDE1564+346  
CondMon

Channel 1

**Reference values**

[mm/s <sup>2</sup> ]		
Peak raw	33.6800	33.6800
Rms raw	8.8316	8.8316
Peak high frequency	19.1602	19.1602
Rms high frequency	5.8379	5.8379

**Reference values downloaded**

[mm/s <sup>2</sup> ]	
Peak raw	30.8359
Rms raw	10.1788
Peak high frequency	20.0583
Rms high frequency	5.6882



**Upload amplitude / spectrum**  
ABCDE1564+346  
CondMon

Channel 1

Upload selection      Duration      0s

**Amplitude signal**

- Raw signal      0 %
- Envelope signal      100 %

**Amplitude spectrum**

- Velocity      0 %
- Velocity envelope      0 %
- Acceleration      0 %
- Acceleration envelope      0 %

**Trend signal selection (Archiv)**  
6.9.2012 15:37:53 Channel No 0

**Amplitude signal**

- Raw signal
- Envelope signal

**Amplitude spectrum**

- Velocity
- Velocity envelope
- Acceleration
- Acceleration envelope

**Frequency bands**  
ABCDE1564+346  
CondMon

extended  
Channel 1

**rms value**

No	Value [mm/s <sup>2</sup> ]	Min frq [Hz]	Max frq [Hz]
1	0.000	98.0	102.0
2	0.000	198.0	202.0
3	0.000	10.0	1000.0

**Noise value**

No	Value [mm/s <sup>2</sup> ]	Min frq [Hz]
7	0.000	10.0
13	0.000	10.0

**Statistic data**  
ABCDE1564+346  
CondMon

Channel 1

Channel data	Value	Unit
Peak high frequency	19.31	mm/s <sup>2</sup>
Rms high frequency	6.59	mm/s <sup>2</sup>
Crest factor high frequency	2.93	---
Vdi3832kt high frequency	0.90	---
Rms acceleration envelope	0.00	mm/s <sup>2</sup>
Rms velocity envelope	0.00	mm/s
Rms acceleration raw	9.81	mm/s <sup>2</sup>
Rms velocity raw	0.04	mm/s
Peak raw	4.47	mm/s <sup>2</sup>
Crest factor raw	3.02	---
Skewness raw	-0.10	---
Kurtosis raw	-0.53	---
Vdi3832kt raw	0.49	---
Iso10816	0.03	mm/s



### Upload amplitude / spectrum

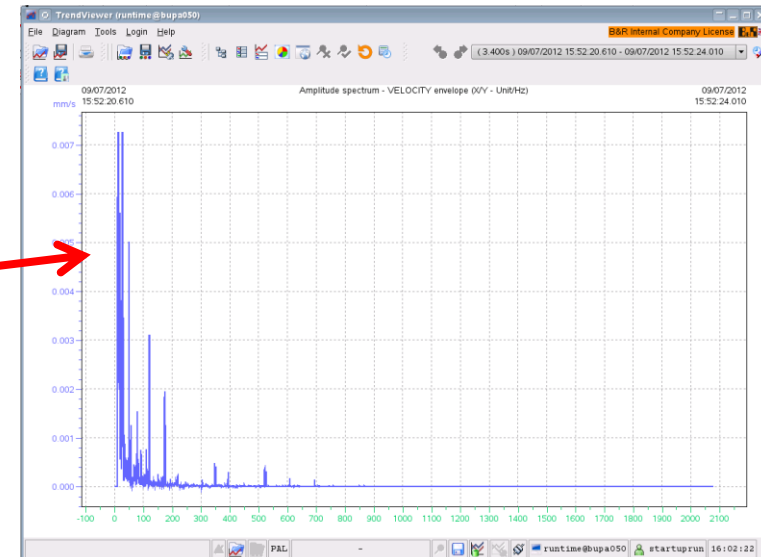
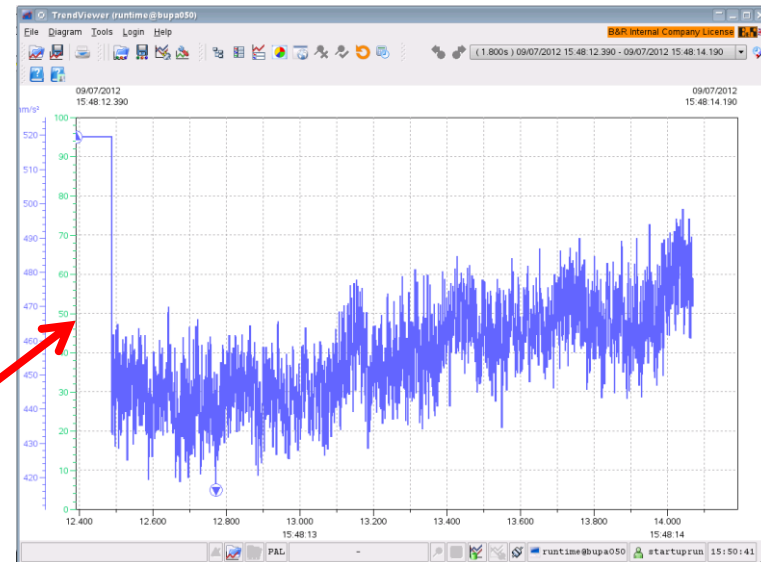
ABCDE1564+346  
CondMon

Channel 1

Upload selection	Duration	0s
<b>Amplitude signal</b>		
<input type="checkbox"/> Raw signal		0 %
<input checked="" type="checkbox"/> Envelope signal		100 %
<b>Amplitude spectrum</b>		
<input type="checkbox"/> Velocity		0 %
<input type="checkbox"/> Velocity envelope		0 %
<input type="checkbox"/> Acceleration		0 %
<input type="checkbox"/> Acceleration envelope		0 %

**Trend signal selection (Archiv)**  
6.9.2012 15:37:53 Channel No 0

<b>Amplitude signal</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Raw signal	
<input checked="" type="checkbox"/> Envelope signal	
<b>Amplitude spectrum</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Velocity	
<input checked="" type="checkbox"/> Velocity envelope	
<input checked="" type="checkbox"/> Acceleration	
<input checked="" type="checkbox"/> Acceleration envelope	



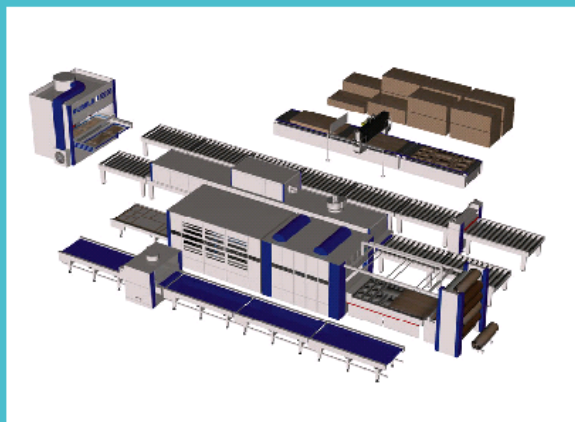


## Plant summary

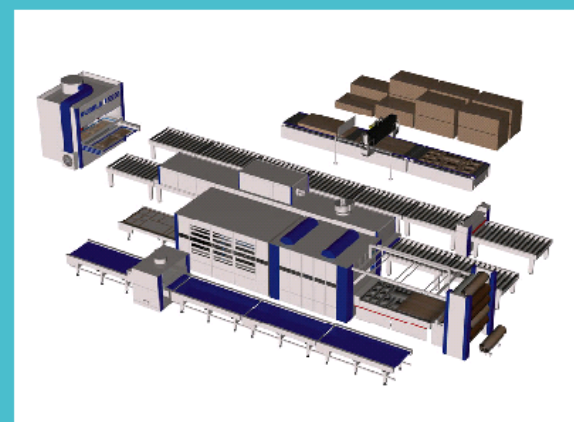


Protocol Overview

Production Area 1



Production Area 2





## Production Area 1



Machine 1



Machine 2



Machine 3

ABCDE1564+346  
CondMon

Continuously mean  
Channel 1

Acceleration 44.19 mm/s<sup>2</sup>

Speed 1  
100.00 Hz

19620.00

Rms acl env  
0.00 mm/s<sup>2</sup>

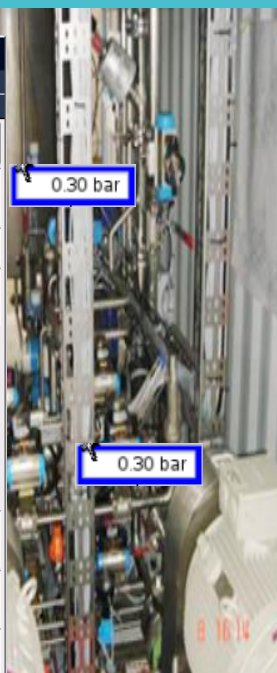
Crest HF  
3.28

Crest raw  
3.96

Kurt raw  
-0.08

Iso10816  
0.02 mm/s

-19620.00





## Мощный инструмент анализа – TrendViewer

### Совместный анализ

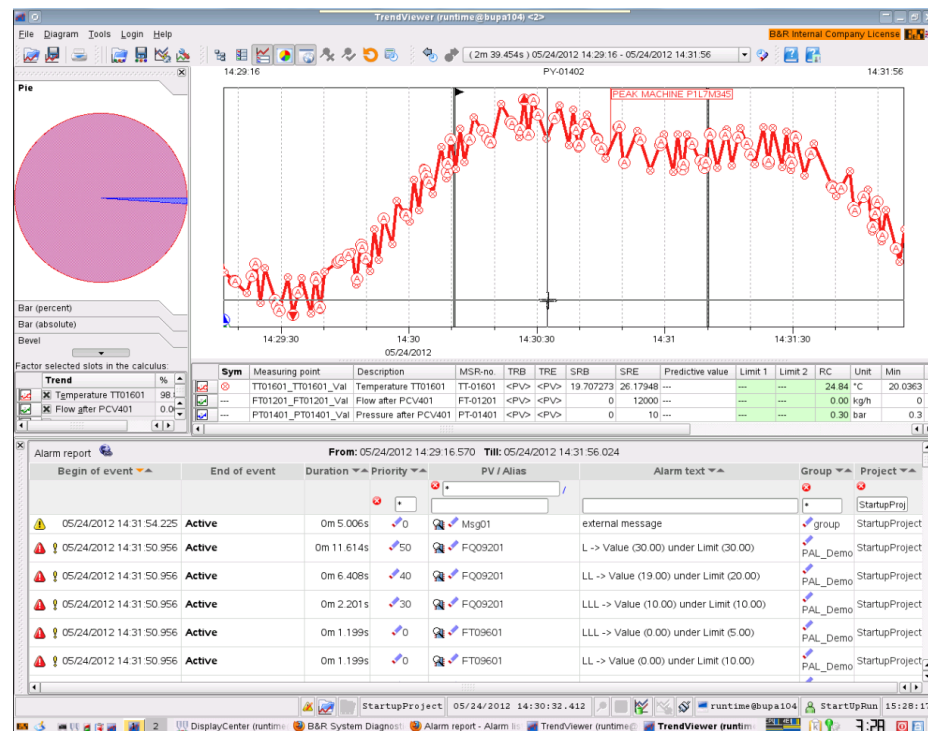
Связь между измеряемыми данными и соответствующими событиями

### Обработка значений

Математические функции  
(мин, макс, среднее значение, площадь, и т.д.)

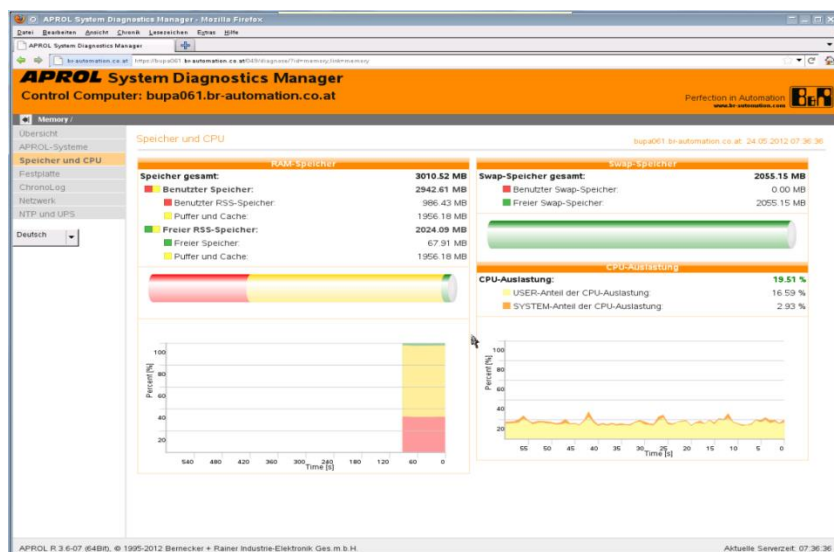
### Высокопроизводительная система визуализации

Даже для очень больших периодов мониторинга





## Интеграция в аппаратном обеспечении



Легкость использования

Интуитивный интерфейс оператора

Эффективность пуско-наладки

Отображение всей информации

Не нужно устанавливать

Стандартный браузер

Не нужно программировать

Доступна на любом контроллере и ПК



## Ваш выбор для мониторинга состояния

Минимальные затраты на разработку

Максимальная гибкость

Высокая защищенность инвестиций

Коробочное решение



