



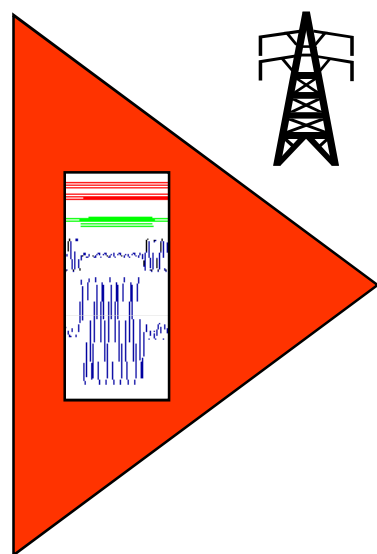
## Fault Analysis Classifying Expert System “FACES”

*Средство улучшения качества систем передачи  
электроэнергии*



# FACES

## функциональная схема



Сбор  
осциллограмм от  
устройств РЗА и  
РАС



Обработка  
данных

Однофазное КЗ на  
землю фаза С.  
Линия № 2.  
Дистанция 12,5 км.  
Причина – касание  
крана.  
Отказ дистанционной  
защиты.  
Ток КЗ = 3.2 kA

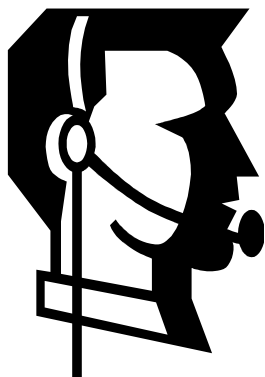
Информирование  
диспетчера



## ➤ Кому это нужно?



**systems europe**  
software engineering  
for electric power



Диспетчер

Результаты анализа необходимы  
через 5 минут

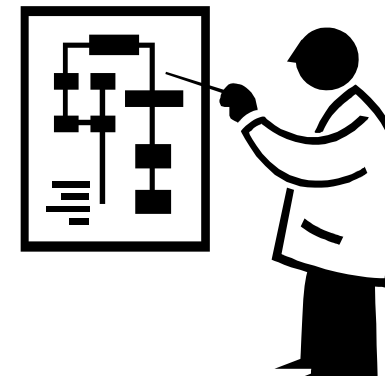
Диспетчерский персонал  
отвечает за быстрейшее  
восстановление  
работоспособности сети  
передачи электроэнергии.



ОВБ

Время реакции порядка 2х часов

Ремонтный персонал,  
выполняющий  
устранение  
повреждений, ремонт  
или замену  
поврежденного  
оборудования.



Служба РЗА

Разумное время для сбора всех  
данных и комплексного анализа

Защитный персонал,  
определяющий причины  
возникновения аварий,  
правильность действий  
устройств защиты и  
противоаварийной  
автоматики.



## ➤ FACES - ключевые преимущества...

Помощь диспетчерам, ОВБ и РЗА в виде ответов на вопросы:

- Где и какое было повреждение?
- Успешно ли произошло АПВ?
- Можно ли возвращать отключенное оборудование в работу?
- Правильно ли отработали устройства защиты?

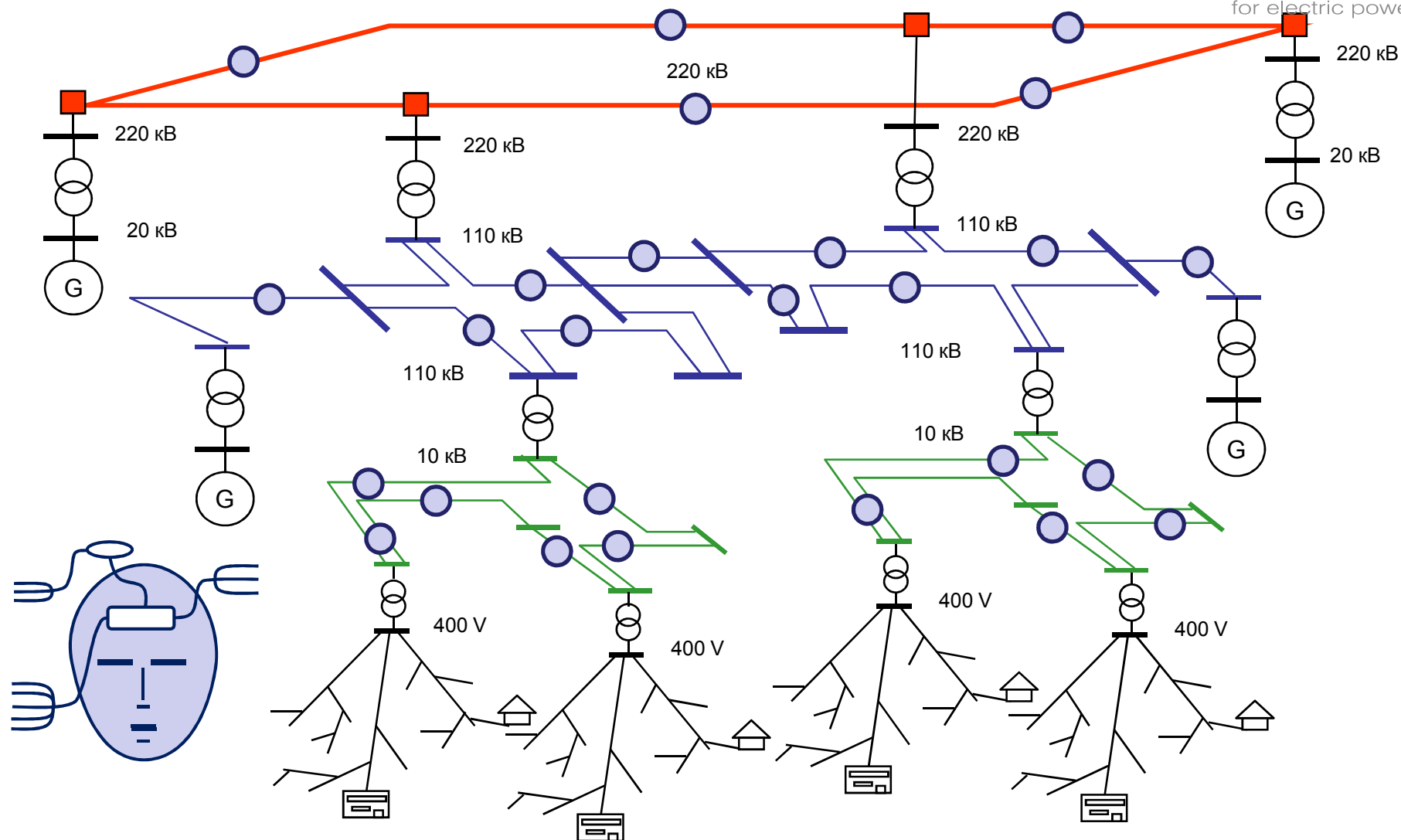
... определение неверных уставок или схем РЗА.



## Учитывая схему всей энергосистемы ...



systems europe  
software engineering  
for electric power

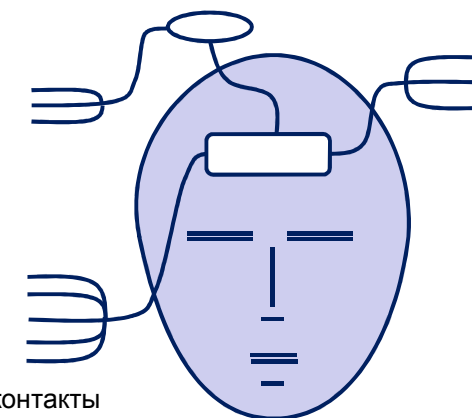
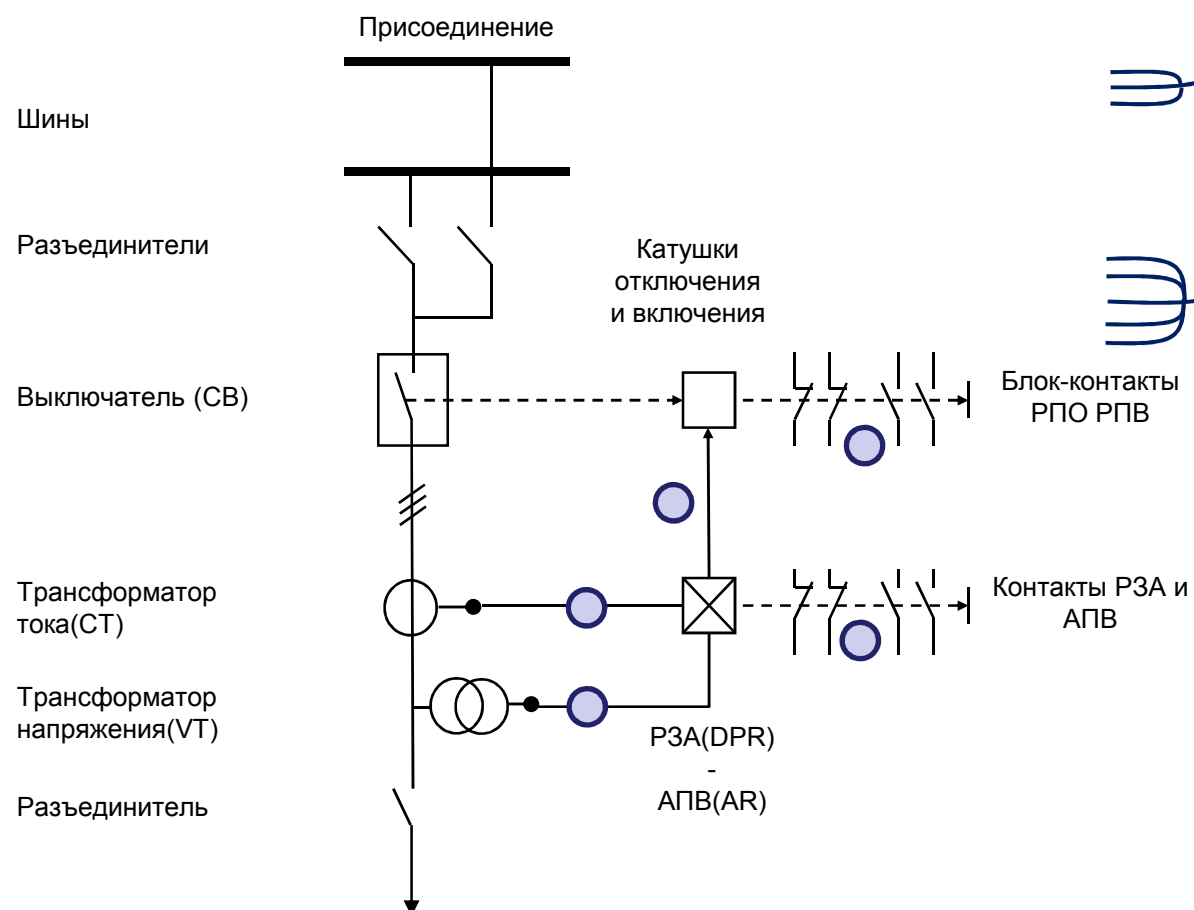




... FACES проводит комплексный анализ сигналов



systems europe  
software engineering  
for electric power



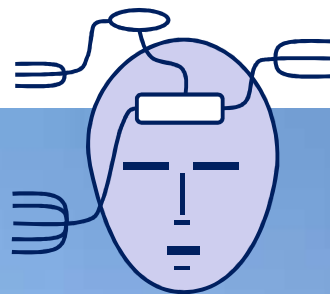


# Выявление скрытых проблем

- Несогласованность основных и резервных защит
- Выявление не одновременности срабатывания полюсов выключателей.
- Ошибки в настройках селективности защит.
- Неправильное действие АПВ.
- Неверная настройка ПА.



➤ Сложность задач подобна поиску иголки в стоге сена

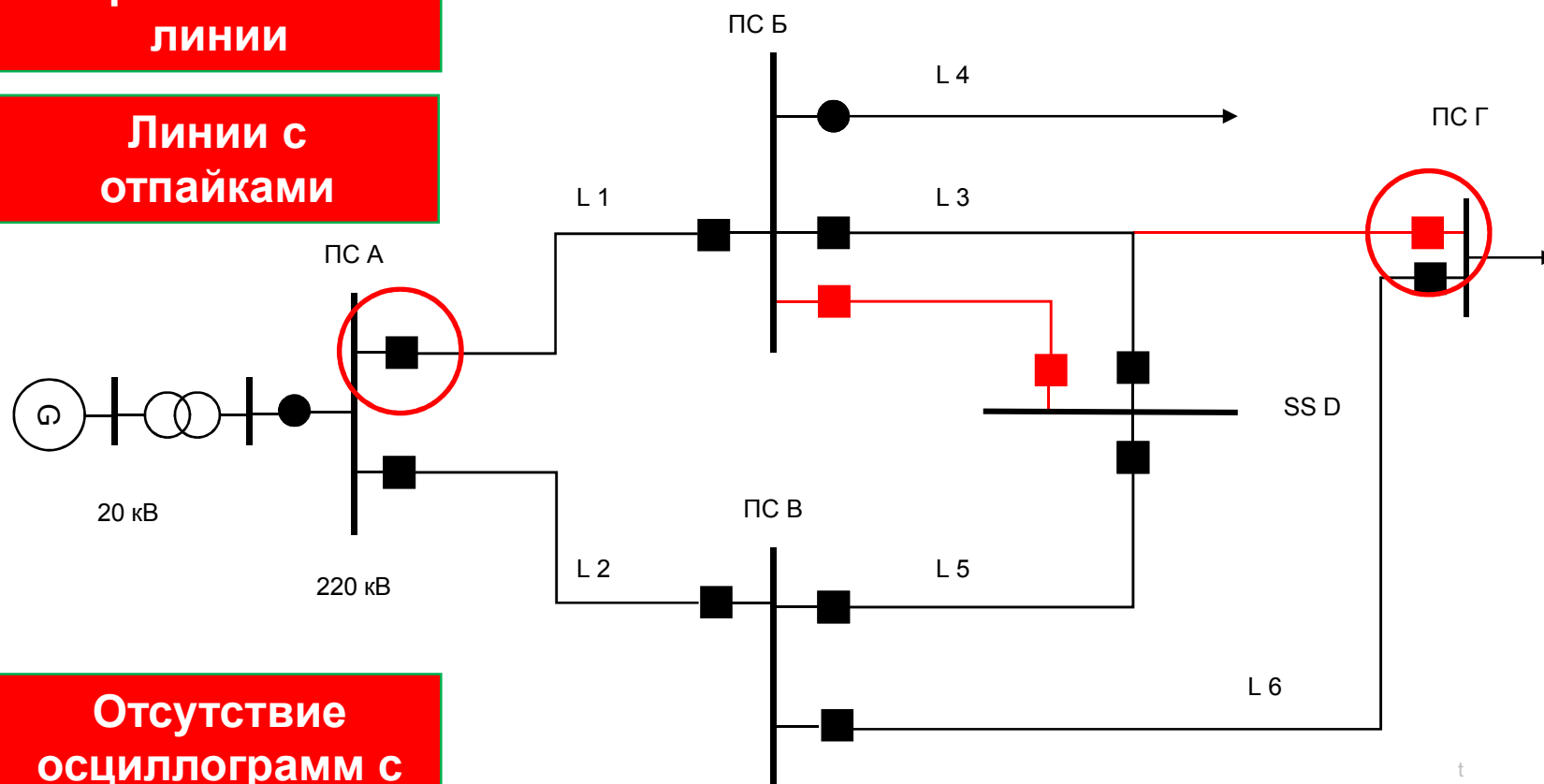




# FACES разработан для анализа сложных сетей с учетом вероятности отсутствия некоторых данных

Параллельные  
линии

Линии с  
отпайками



Отсутствие  
осциллограмм с  
некоторых  
подстанций



➤ Типичный пример – Повреждение  
строительным краном воздушной линии.



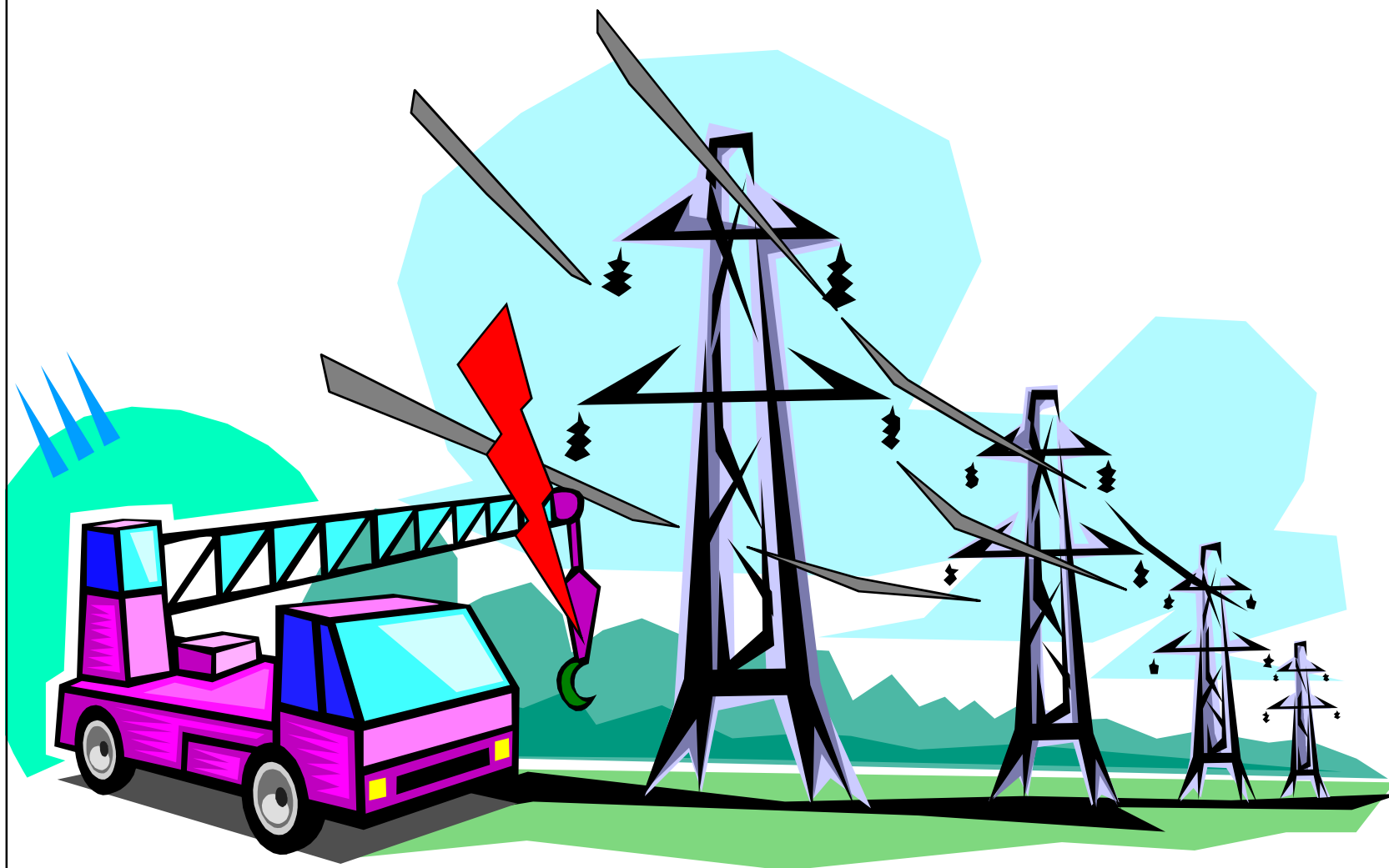
systems europe  
software engineering  
for electric power





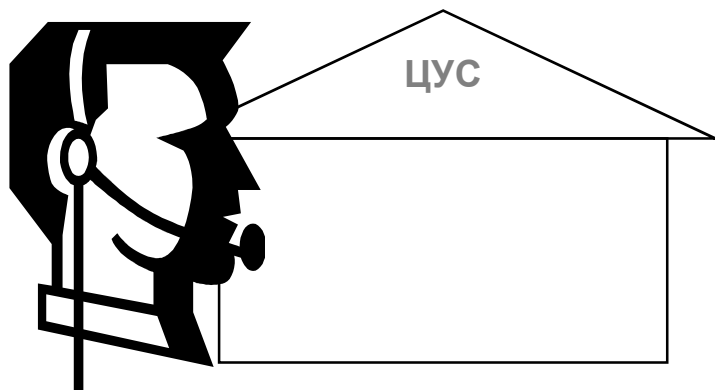


**systems europe**  
software engineering  
for electric power

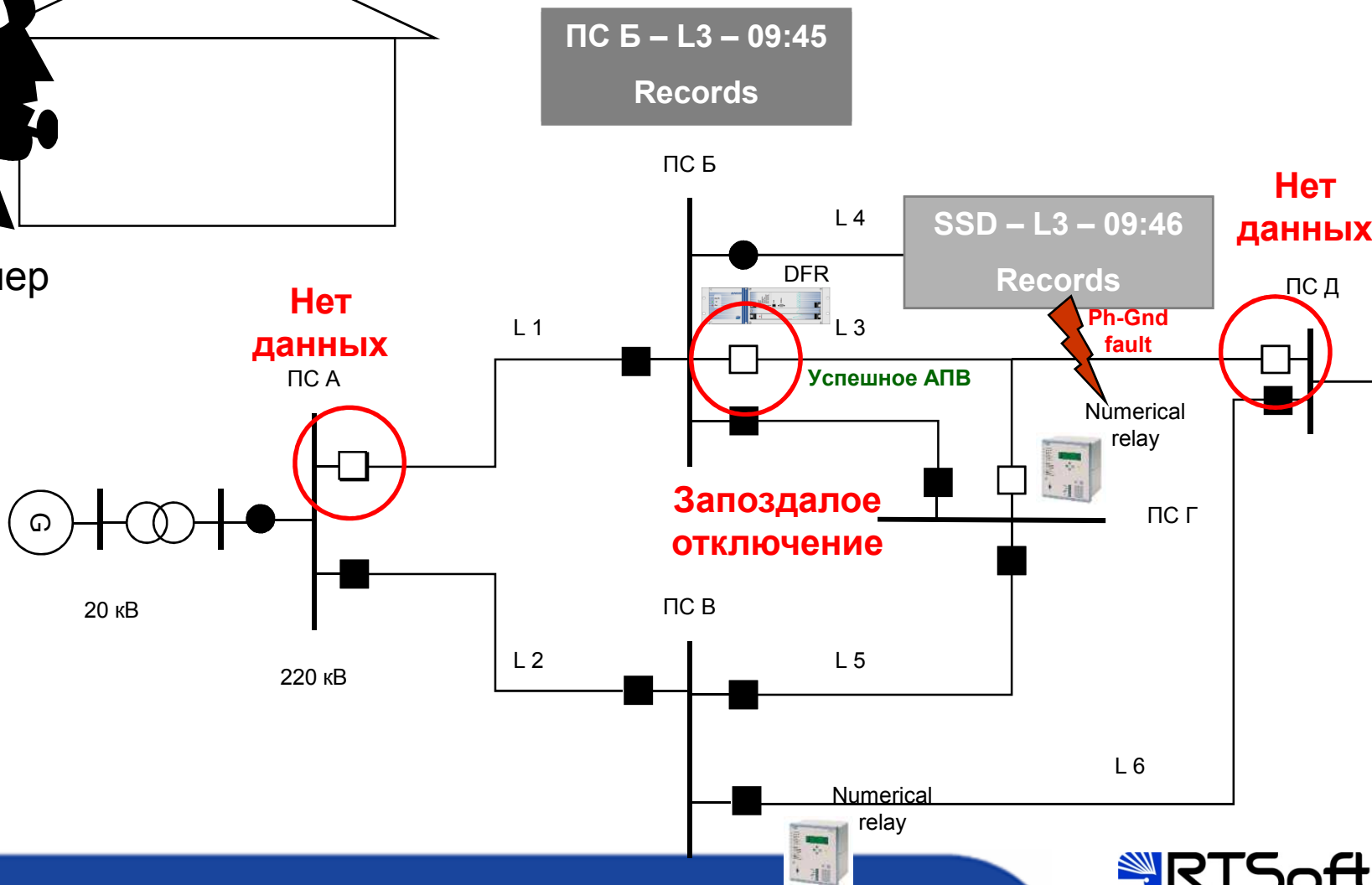




# Последовательность событий

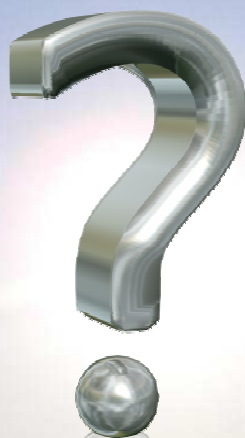


Диспетчер





Где произошло повреждение?  
... какая причина повреждения?





## Определение места повреждения

Fault Location

Использование оптимального алгоритма

- Одностороннее ОМП
- Двухстороннее ОМП
- Учет параллельных линий
- ОМП для КВЛ



# Сигнатурный анализ

Замыкание из-за ПТИЦ



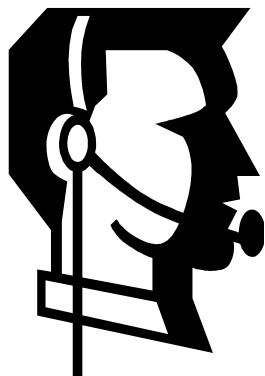
Замыкание краном

Повреждение  
изолятора





# Уведомление диспетчера ЦУС



Диспетчер

**Уведомление диспетчера ЦУС**

**Events in the last 72 hours**

Date & time	Impacted line	Permanent	Severity	Signature
2/05/2011 1:20:36	3 - Line3	✗	4 Critical	Crane accident
2/05/2011 0:50:03	1	✗	3 Severe	Isolator failure
1/05/2011 10:20:14	2 - 380-22kV		1 Warning	Lightning strike

**Event summary**

2/05/2011 1:20:36

Faulty line: Line3  
Fault type: Permanent A-G  
Location: 22.4 km ±0.6 from SS B

Number of breaker trips: 3  
Fault eliminated after 1.21 s  
(unsuccessful reclosing attempt)

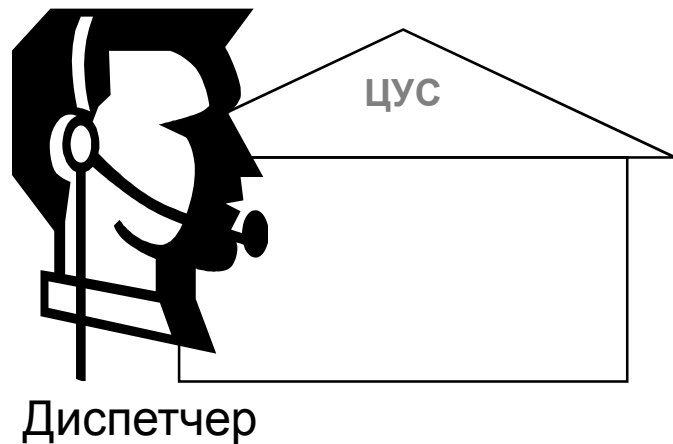
**ОМП с указанием зоны обхода**

4

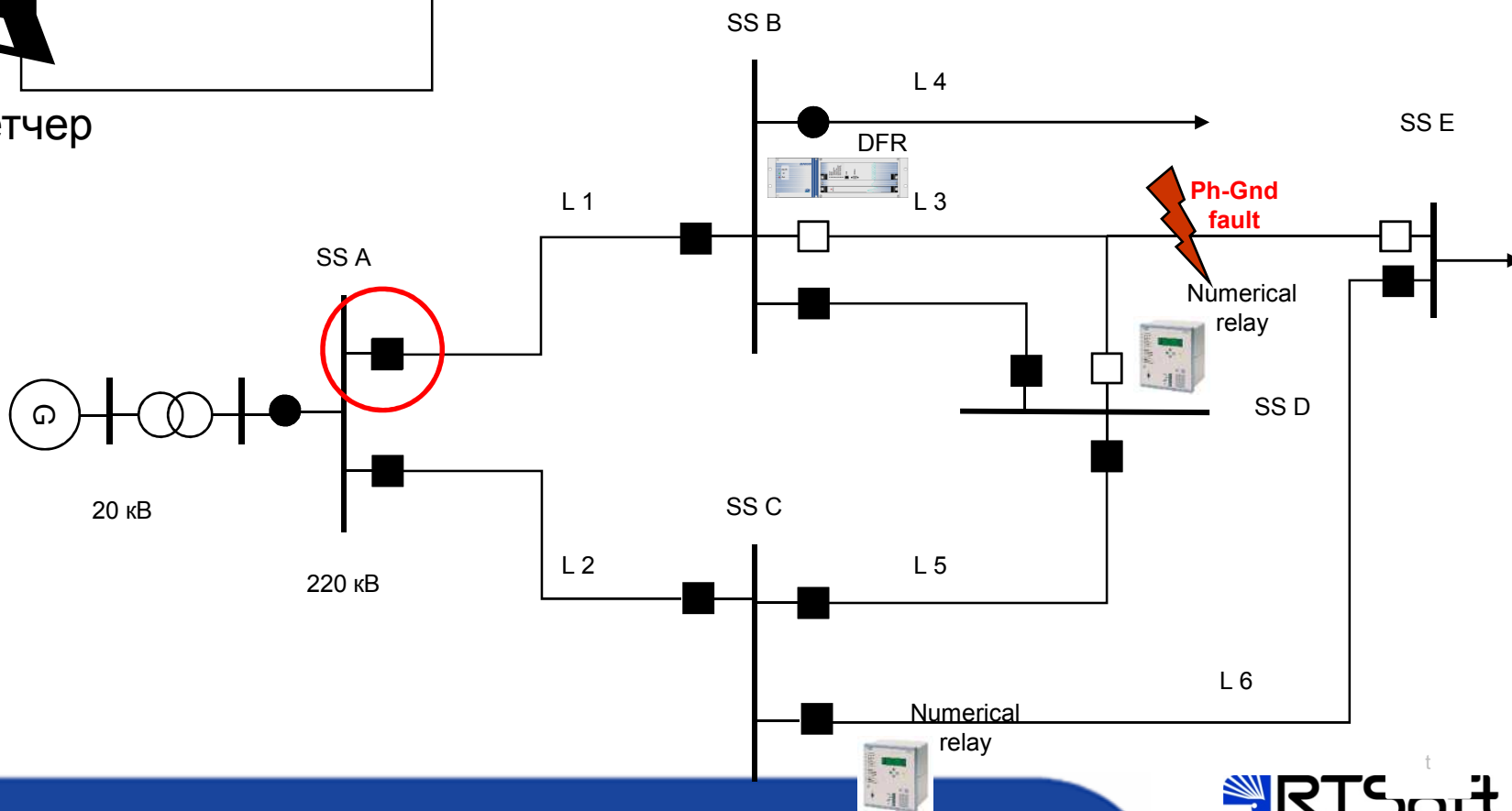
net.tcp://pc29:8000/ClientAccess



# Первый шаг

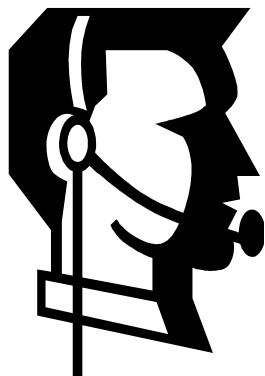


Диспетчер  
включает линию  
L1





# Уведомление ОББ



Диспетчер

FACES Client Application

System View Help

System Overview Events

Events in the last 72 hours

Date & time	Impacted line	Permanent	Severity	Signature
2/05/2011 1:20:36	3 - Line3	✗	4 Critical	Crane accid
2/05/2011 0:50:03	1	✗	3 Severe	Isolator failure
1/05/2011 16:39:14	3 - 380.33b		1 Warning	Lightning strike

Event summary

2/05/2011 1:20:36

Faulty line: Line3  
Fault type: Permanent A-G  
Location: 22.4 km ±0.6 from SS B

Number of breaker trips: 3  
Fault eliminated after 1.21 s  
(unsuccessful reclosing attempt)

4

Designer... Event details Send message Close

Диспетчер  
уведомляет о  
событии персонал  
ОББ



# Уведомление ОВБ



ОВБ



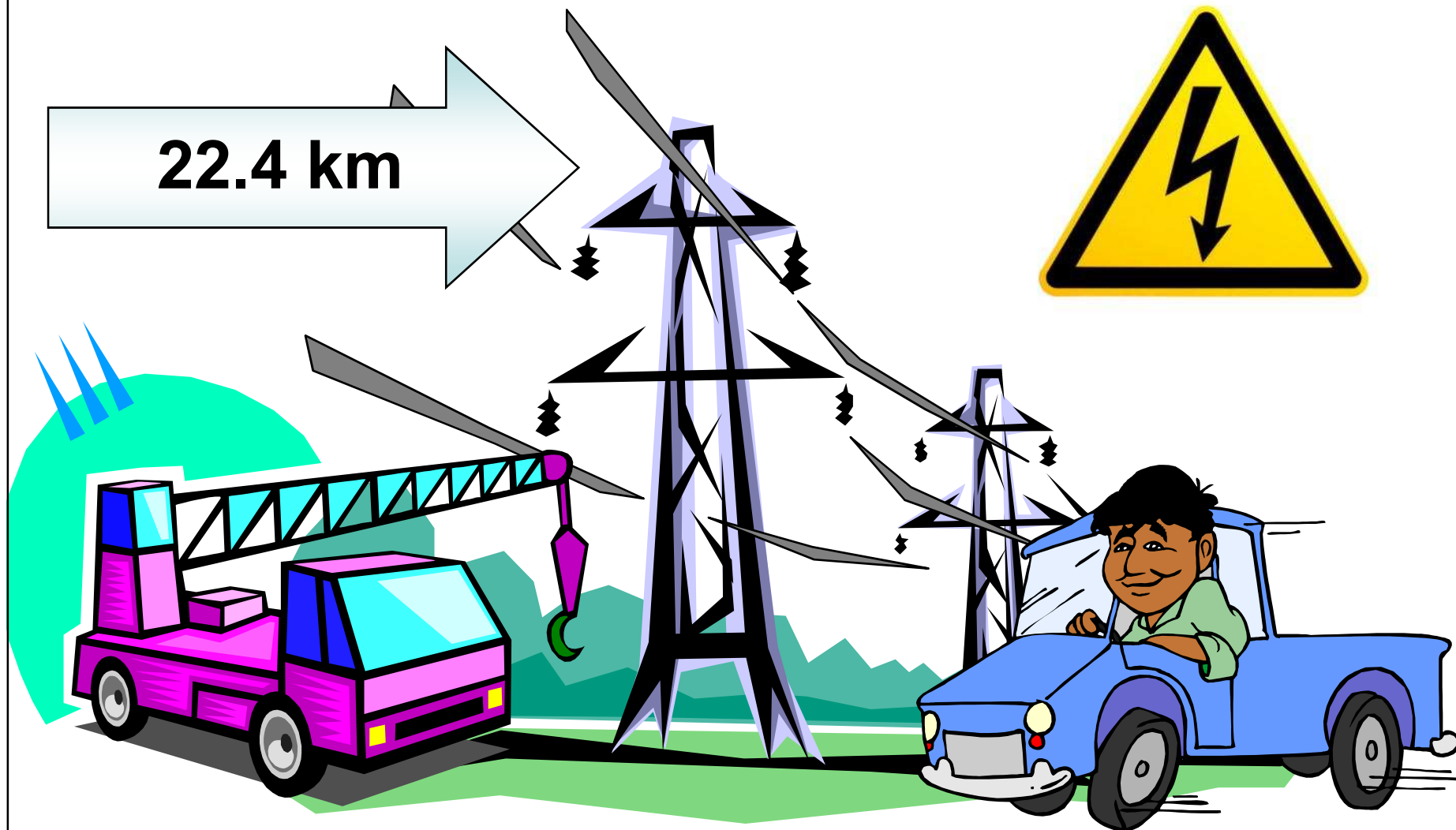
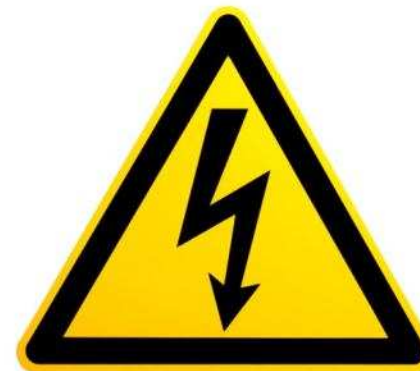


# Дальнейшие шаги?



systems europe  
software engineering  
for electric power

22.4 km

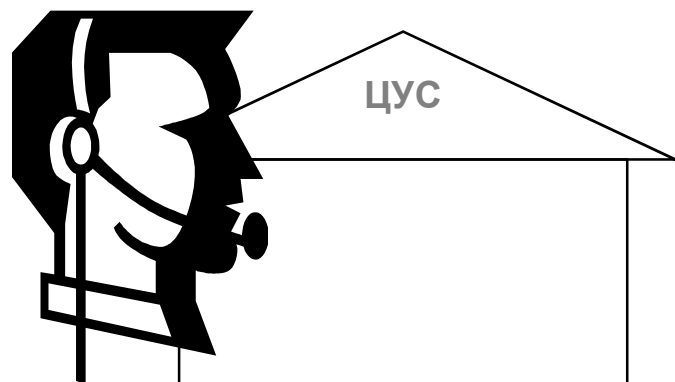




# .. Восстановление нормальной схемы

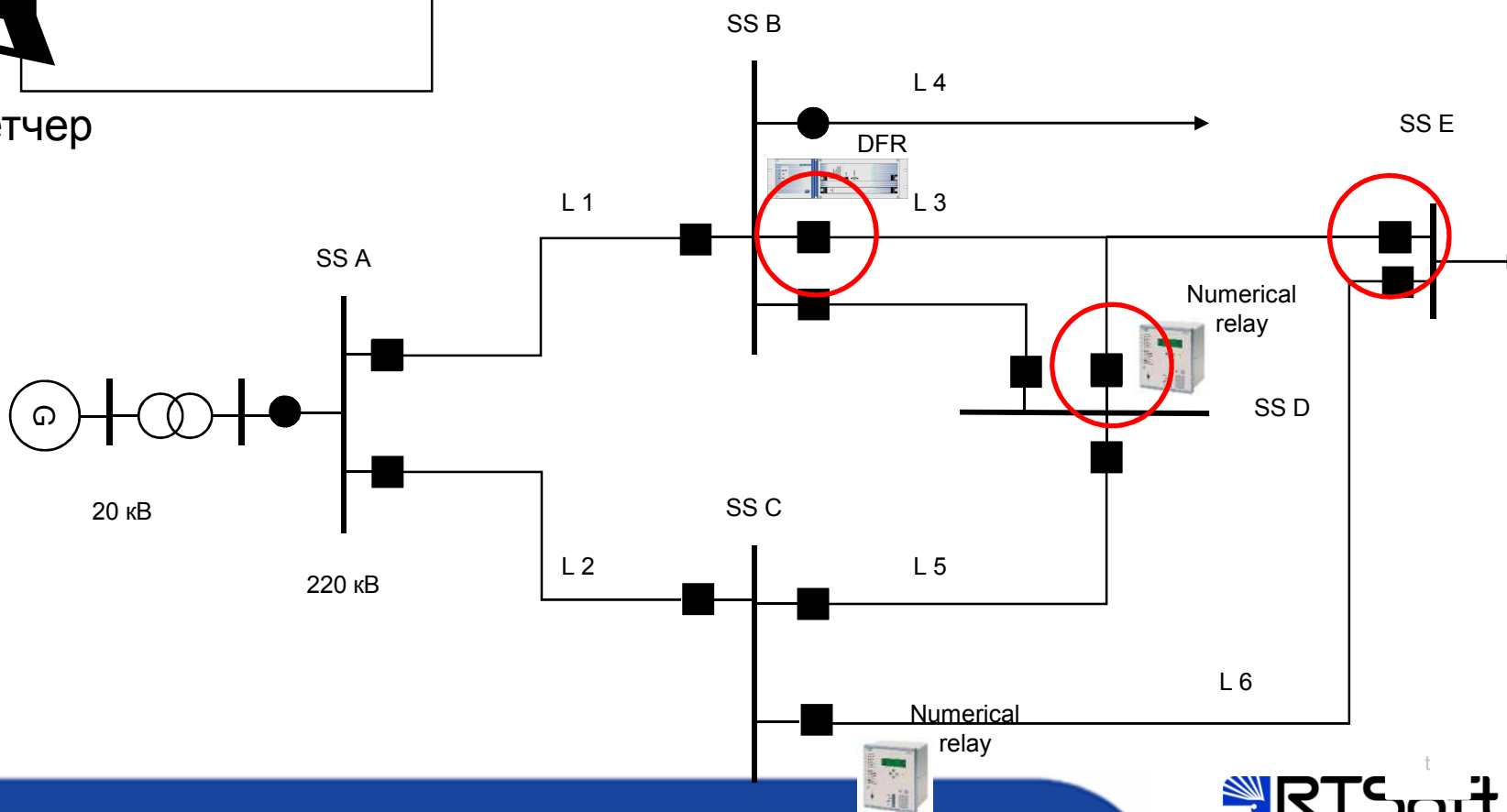


systems europe  
software engineering  
for electric power



Диспетчер

Диспетчер  
вводит в работу  
линию L3







systems europe  
software engineering  
for electric power

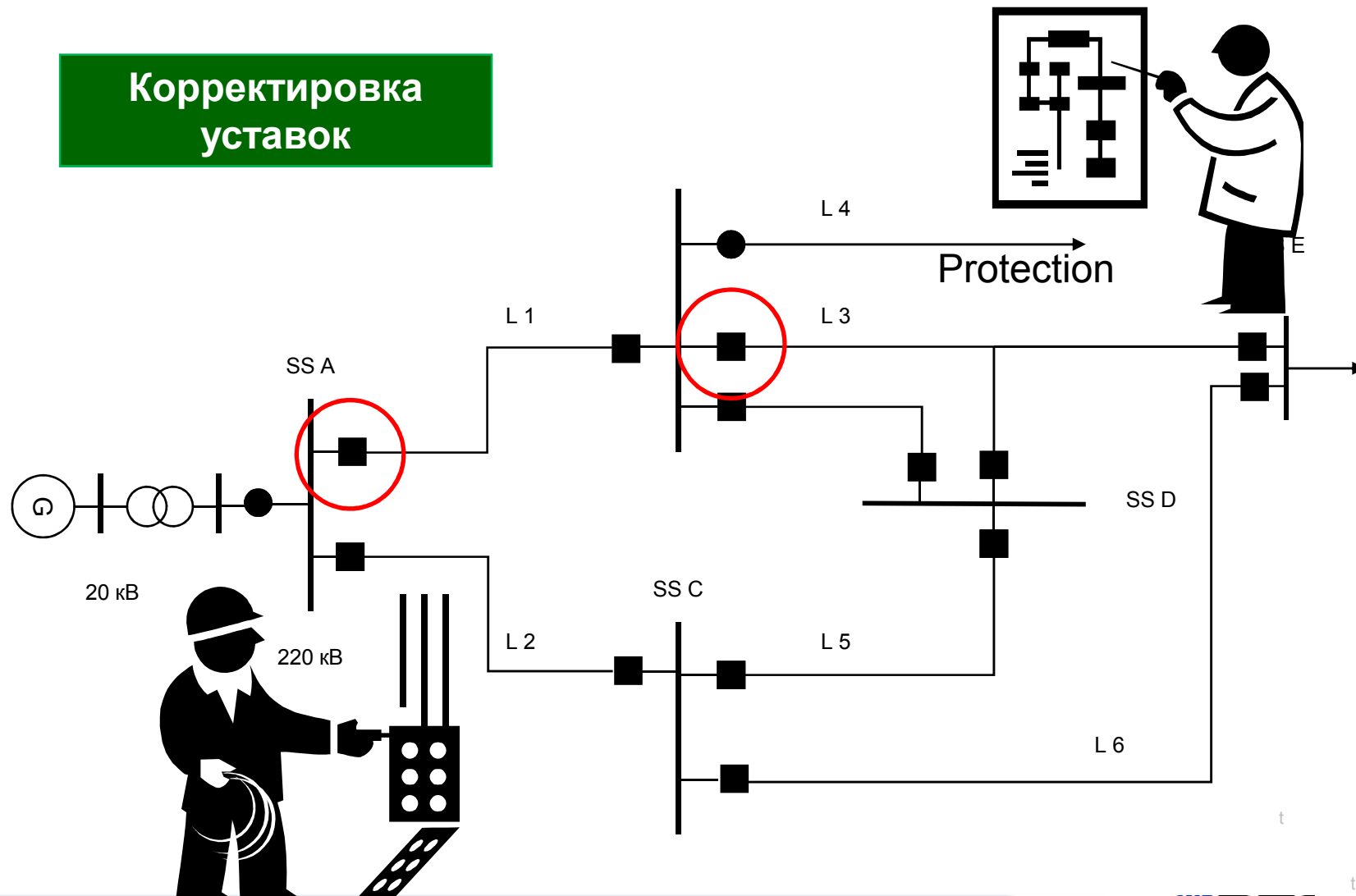
# Несколько дней спустя...

## Разбор полетов.



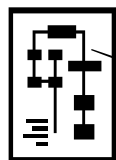
# Анализ действия защит

Корректировка  
установок





# Сортировка событий по важности



Релейщик



FACES Client Application

System View Help

System Overview Events Event Summary - 2/05/2011 1...

Search for events

☐ Most recent events ☒ In a date range

1/07/1995 1/06/2011

1/01/2000 0:00:00 Apply More options 1/06/2011 0:00:00

janvier 2000

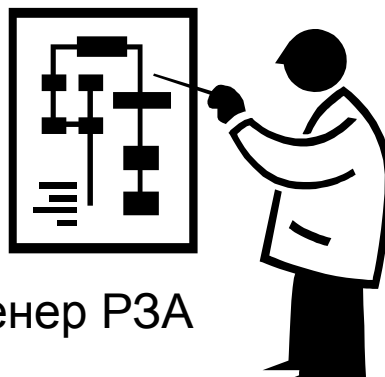
lun.	mar.	mer.	jeu.	ven.	sam.	dim.	Trips	Substations	Perma- nent	Faulty phases	Fault current (kA)	Clearance time (ms)	Restore time (s)	Severity	Follow-up	Records
27	28	29	30	31	1	2	1	Beringen		C	8.3	121	1.1	1	New	2
3	4	5	6	7	8	9	1	Bristol	×	2-ph	8	67	0	3	Complete	2
10	11	12	13	14	15	16	1	Bruegel		A	10.8	60	0	1	New	2
17	18	19	20	21	22	23	1	Brugge	×	2-ph	8.2	120	0	3	Complete	2
24	25	26	27	28	29	30	0	Champion		C	0.8	121	0.2	0	Complete	1
31	1	2	3	4	5	6	1	Courcelles		A	5.9	63	0	1	New	2
							1	Mambong	×	Evolving	0.4	-	0	3	New	1
							1	Ninove	×	B	0.8	178	0	3	Archived	1
							1	Santiponce	×	Evolving	2.3	62	0	3	Archived	2
							1	SS B	×	A	0.7	108	0	4	Complete	0
							1	SS E	×	Evolving	0.9	560	0	3	New	1
							2	SS E	×	A	1.5	108	0	4	Complete	1
							1	Stalen		C	6	111	1.1	1	New	2
							1	Torrearenillas	×	Evolving	12.8	75	0	3	Archived	2

Выбор диапазона  
времени для  
анализа

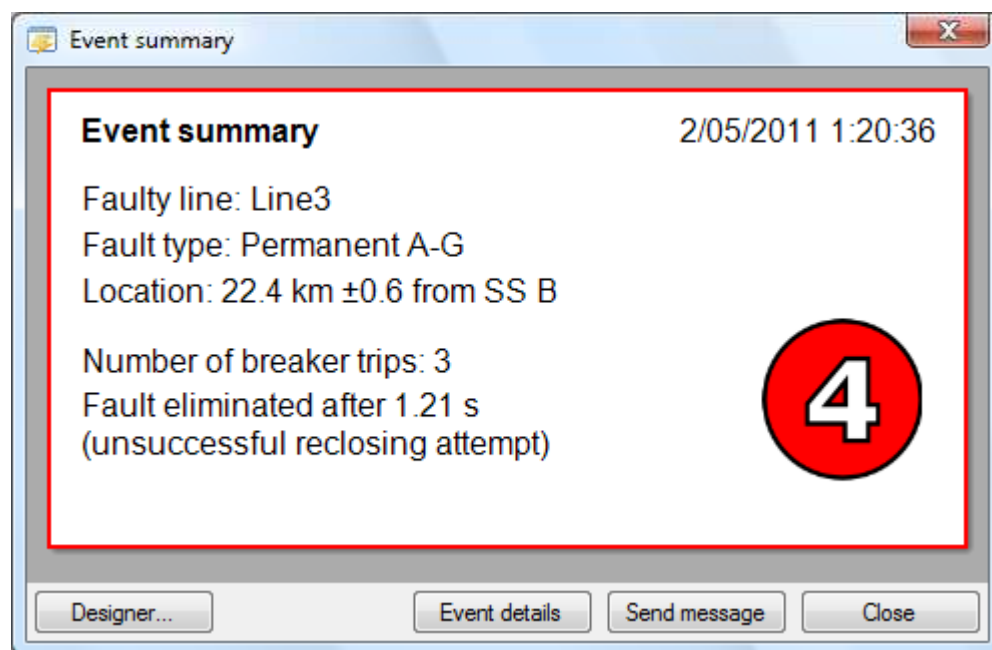
Список событий  
с указанием  
важности



## Параметр важности определяет уровень опасности события



Инженер РЗА



### Критерии важности

Уровень тока  
Постоянность  
повреждения  
Количество линий  
Неисправность РЗА

1

2

3

4

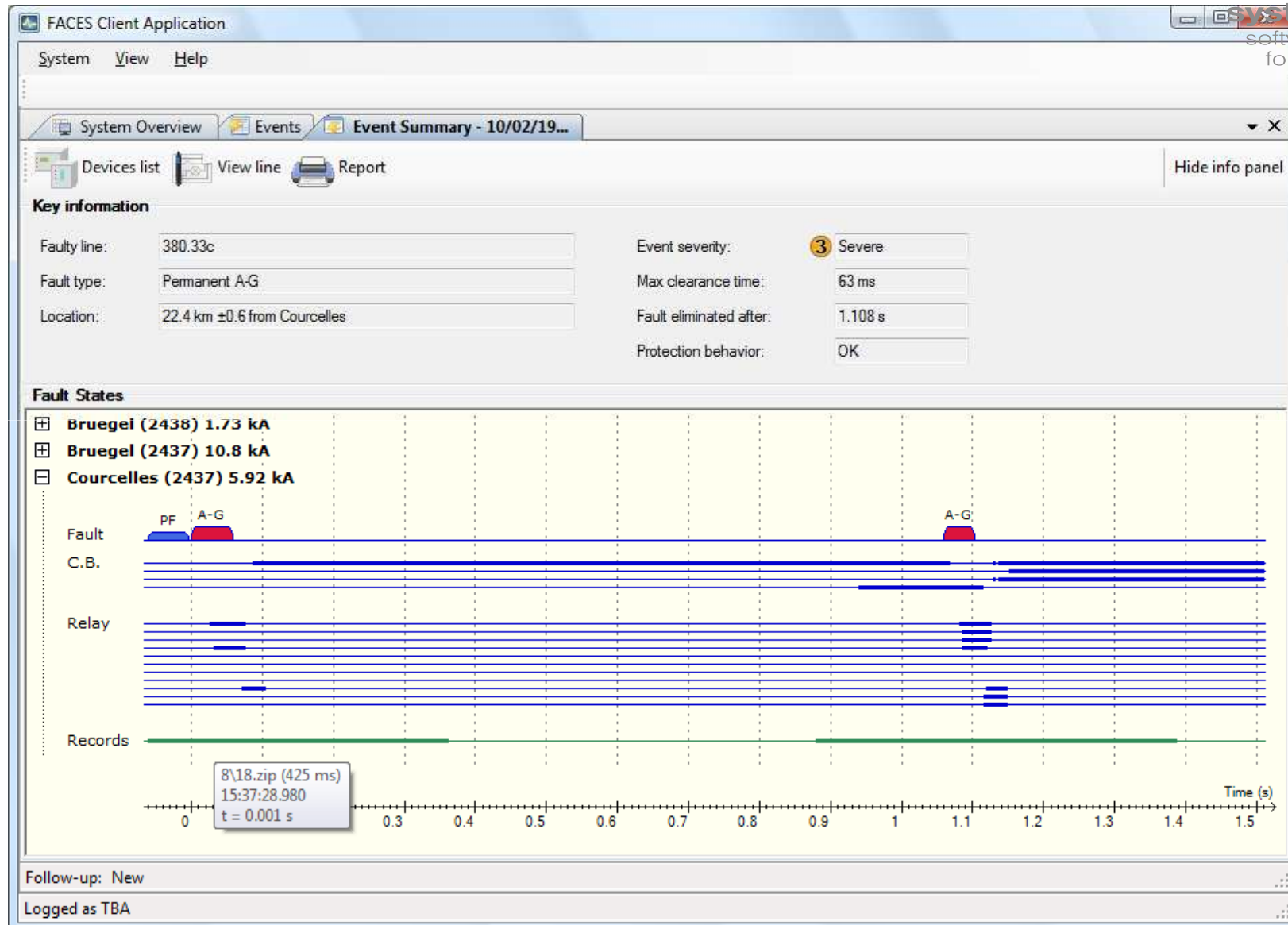
... ВОЗМОЖНОСТЬ  
добавлять свои  
критерии для оценки

4

Что это значит?

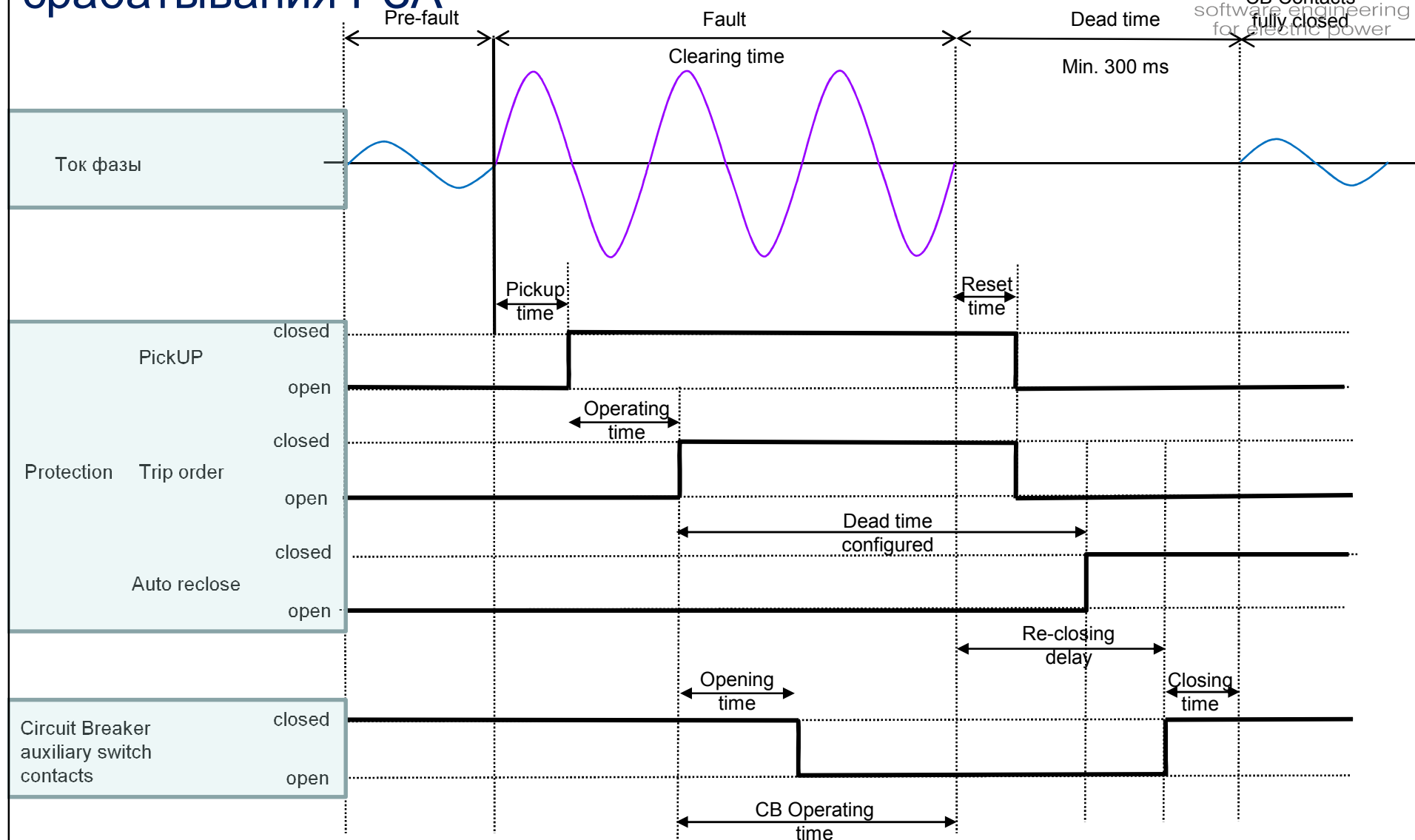


# Детальный анализ события



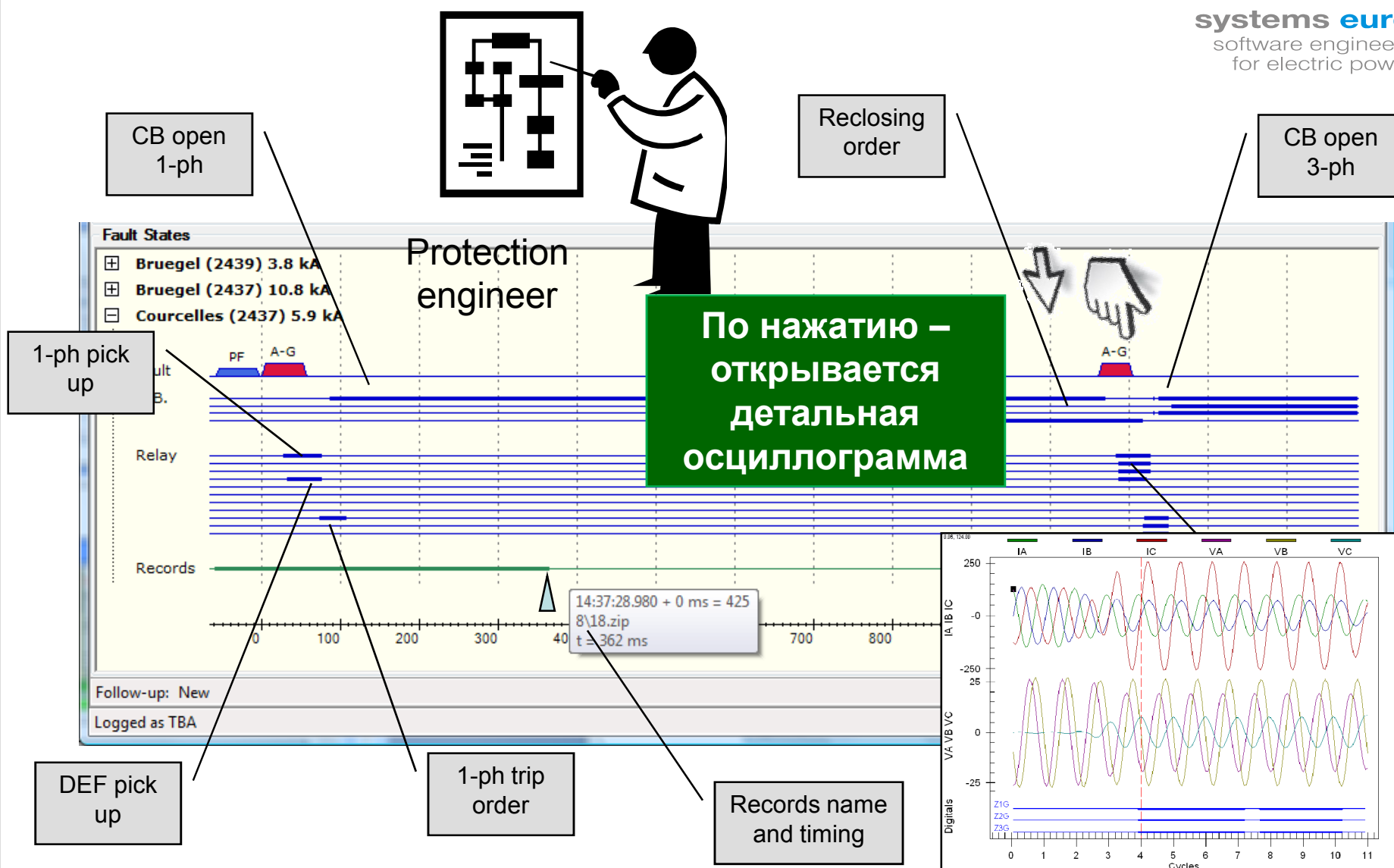


# FACES – автоматический анализ времени срабатывания РЗА



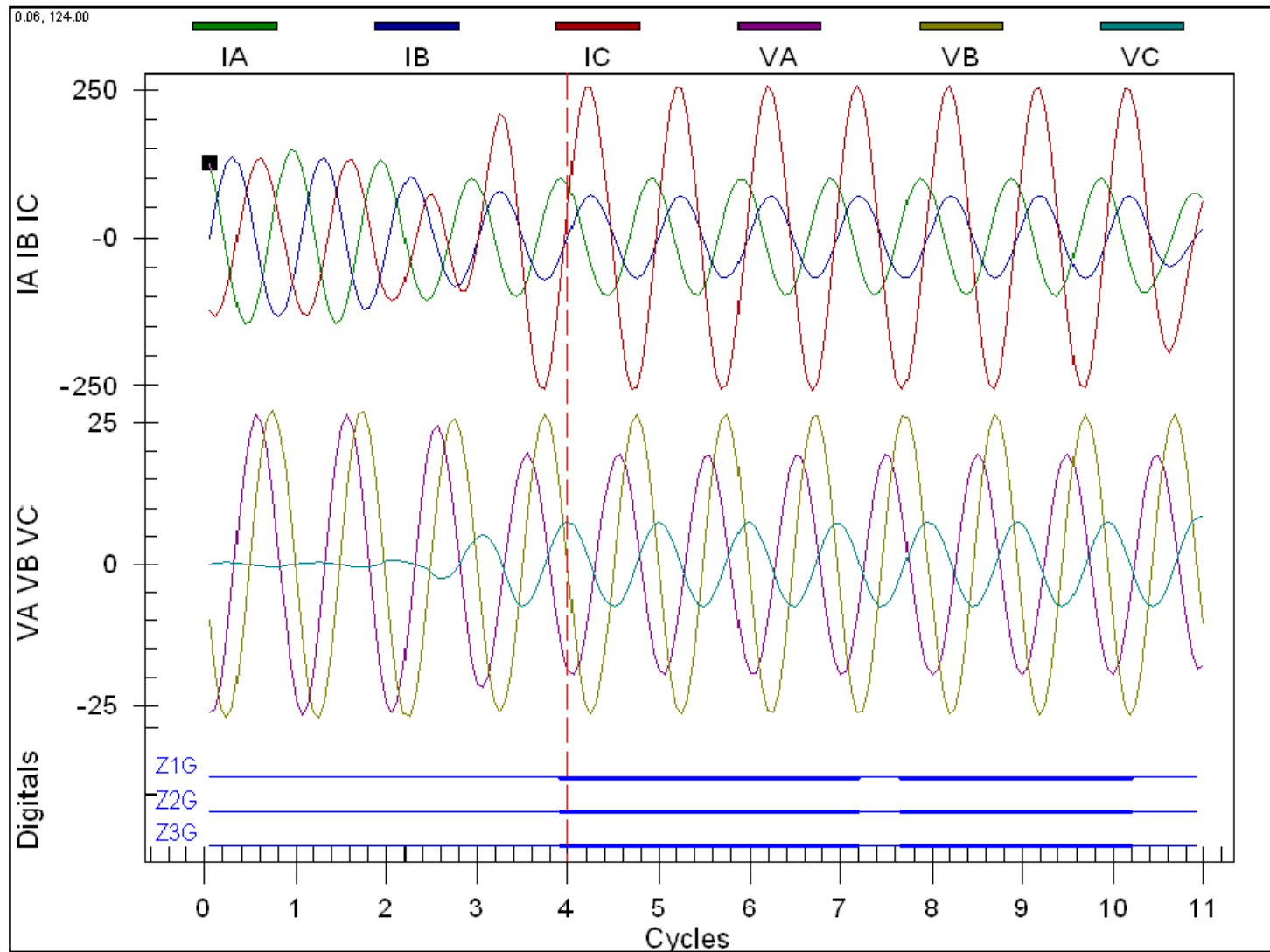


# Анализ системы РЗА



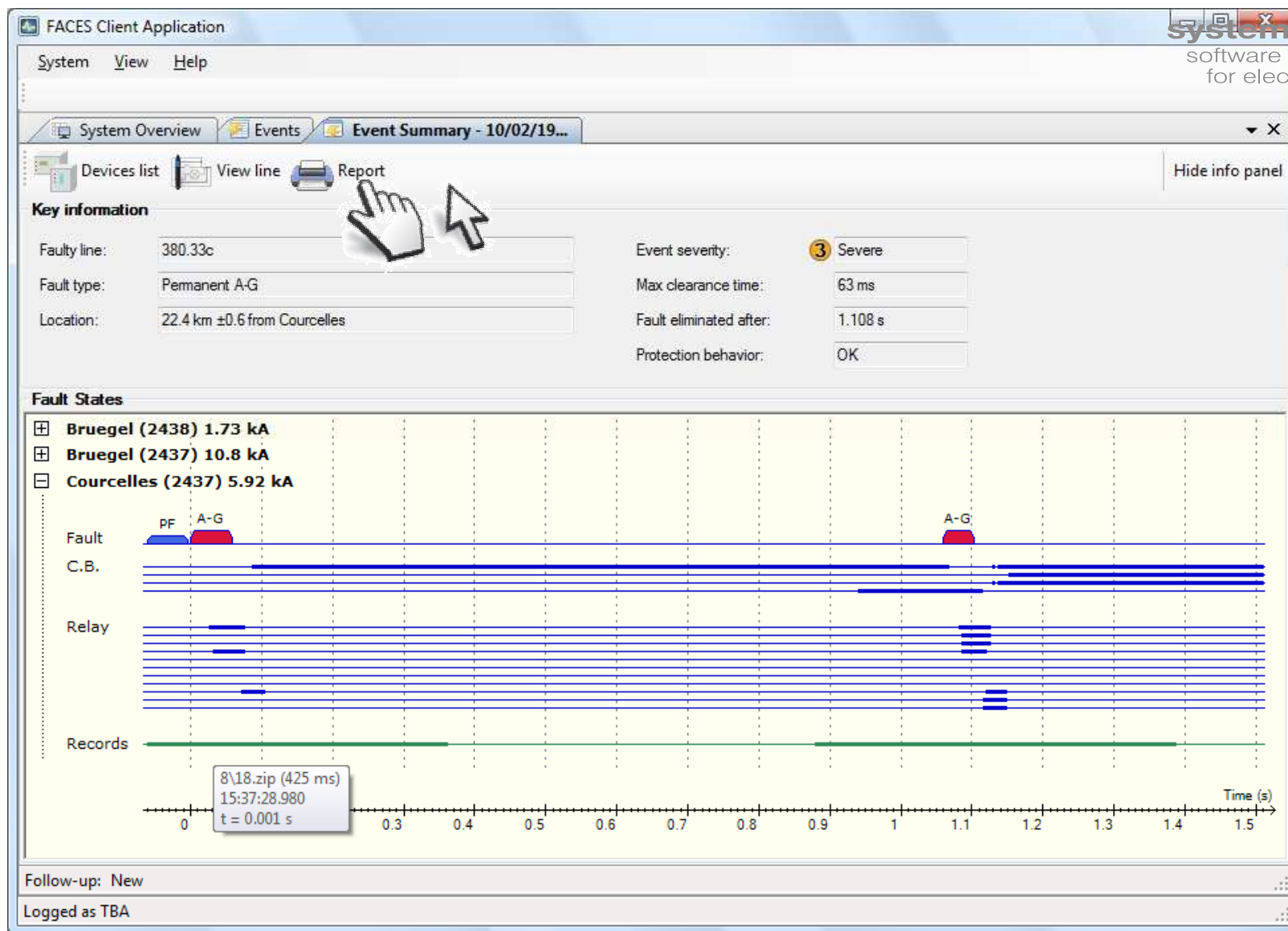


# Просмотр осциллограмм. Возможно подключение внешних программ.





# Автоматизированная генерация отчетов





# Отчет о событии

The screenshot displays the FACES Client Application interface. The main window shows an 'Event Report' for the date 10/02/1997. The report is titled 'Event Report' and is Page 1 of 1. It contains the following information:

Event description	
Date/time:	10/02/1997 15:37:29
Faulty line:	380.33c
Fault type:	Permanent A-G
Location:	22.4 km ±0.6 from Courcelles
Eliminated after:	1.108 s
Event severity:	Severe
Event follow-up:	In progress

**Courcelles substation**

- Feeder: 2437
- Breaker trip
- Maximum fault current: 5.92 kA
- Maximum clearance time: 63 ms
- Fault records: 2

**Bruegel substation**

- Feeder: 2437
- Breaker trip
- Maximum fault current: 10.8 kA
- Maximum clearance time: 60 ms
- Fault records: 2

The interface also includes a left sidebar with filters for Event Severity (Severe), Follow-up (In progress), and a Template dropdown (EventSummary\_EN). The status bar at the bottom indicates 'Logged as TBA' and 'Page 1 of 1'.

Гибкие  
ВОЗМОЖНОСТИ  
конфигурированы  
я



# Содержание отчета

## Итого:

### 1. Event report

Event description	
Date/time	August 30, 2010 – SS B 01:20:36
Line:	Line 3
Fault type:	Permanent A-GND
Location:	22.4 km +/- 0.6 km from SS B
Restore time:	-
Event severity:	critical
Event follow-up:	action pending



# Содержание отчета. Детальная информация по каждой ПС

## Автоматический анализ действий РЗА

Основная  
защита

Резервная  
защита

Выключатель

### SS E substation

Feeder: 20

Maximum fault current: 6.0 kA (50Hz rms)

Maximum clearance time: 107 ms

Fault records 2

[<120 ms]

### Protection system analysis

#### Relay R1Z23B

T <sub>0+19 ms</sub>	1 <sup>st</sup> pickup	19 ms	Type 21 - Ph 12	[<30 ms]
	2nd pickup	48 ms	Type 67N - DEF	
	Operating time	63 ms		[<80 ms]
	Reset time	44 ms		[<60 ms]

#### Relay R1KZ7

T <sub>0+37 ms</sub>	1 <sup>st</sup> pickup	37 ms	Type 21	[<40 ms]
	Operating time	39 ms		[<80 ms]
	Reset time	49 ms		[<60 ms]

#### Circuit breaker

T <sub>0+114 ms</sub>	Tripping mode		1 pole - Ph 12	
	Operating time	31 ms		[<60 ms]
	Reclose	Yes	Dead time= 982 ms	[600-1200 ms]
			Closing time=36 ms	[100 ms]

### Line currents and voltages (50Hz RMS values)

Value	Pre-fault	Fault #1	Fault#2	Fault#3	Post-fault	Unit
I4	0.3	0.3	-	-	0.2	kA
I8	0.3	0.2	-	-	0.2	kA
I12	0.3	<b>6.0</b>	-	-	0.2	kA
I <sub>n</sub>	0.0	<b>6.0</b>	-	-	0.0	kA
V4	94.8	94.9	-	-	95.4	kV
V8	89.1	87.6	-	-	89.6	kV
V12	95.3	63.2	-	-	95.9	kV
Type	-	A-GND	-	-	-	-
Impedance	-	0.2	-	-	-	Ω



# Содержимое отчета

## Признаки нарушений и рекомендации

Rules not satisfied	Level
False tripping	Critical
Permanent fault	Significant
Multiple Lines	Severe
Max current level	Warning

Follow-up tasks	Assigned to	Done
Check protection behavior	Protection staff	<input checked="" type="checkbox"/>

Comments

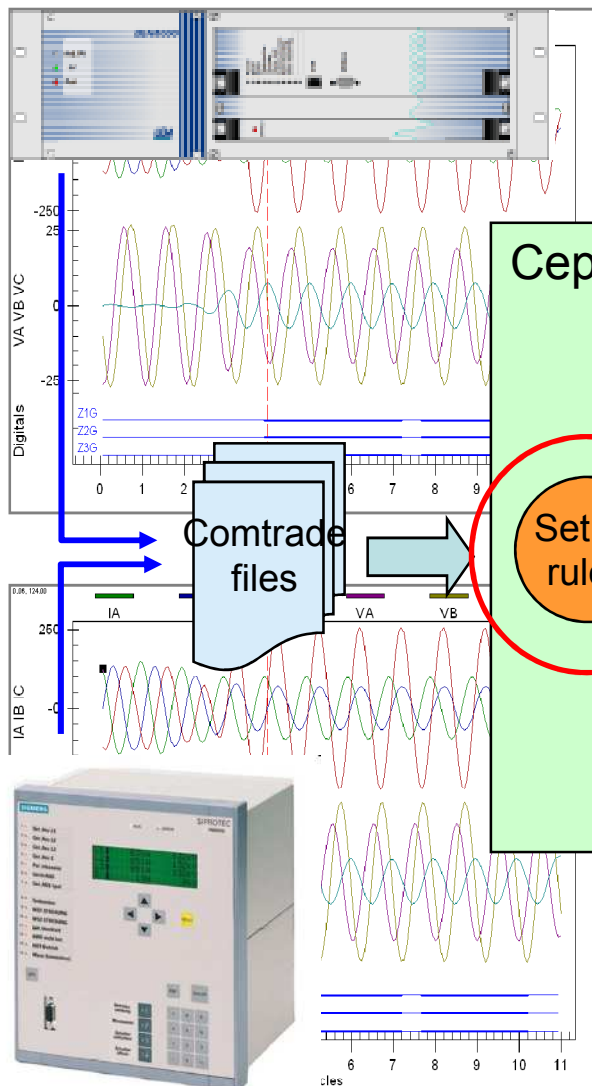
---

This section is for user's comments

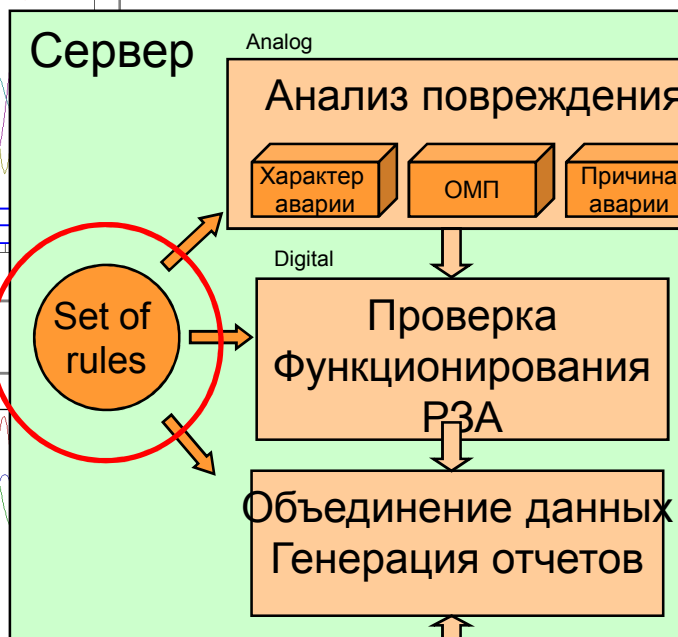
**Общая информация  
доступная всем  
пользователям**



# Интеллектуальная экспертная система



**Настраиваемый  
набор правил**



**Сетевая  
компания**

Хранилище  
неоперативной  
информации

Корпорати  
вная ЛВС


Топология  
сети

Параметры  
РЗА

Analysis  
results







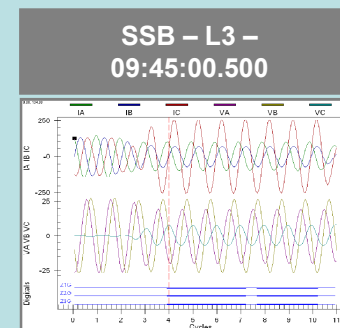
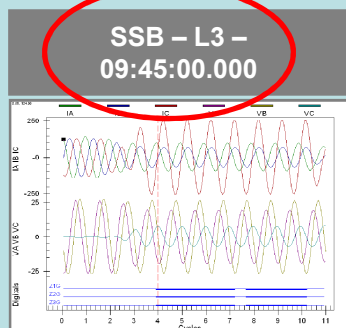
**Синхронизация  
данных от разных  
устройств?**



# Осциллограммы синхронизируются внутри FACES

Осциллограмма аварии

Осциллограмма АПВ

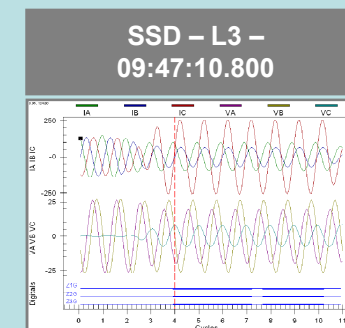
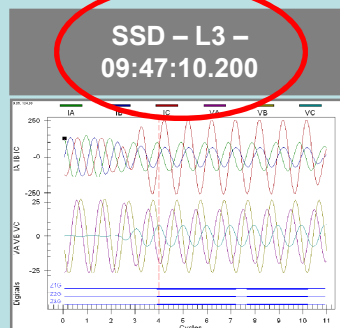


$\Delta t = 130 \text{ sec}$

Автоматическая пост-  
синхронизация



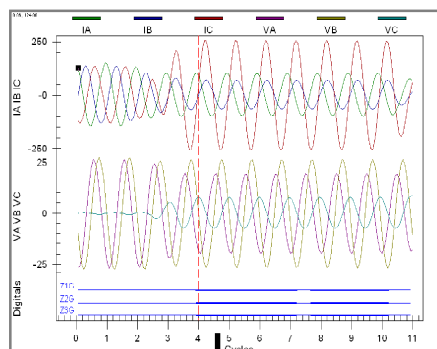
Устройство не  
синхронизировано





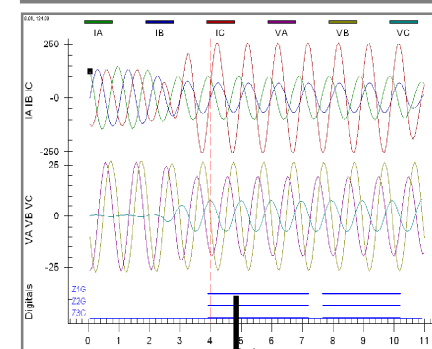
# Автоматическое объединение нескольких осциллограмм в общий аварийный процесс

SSB – L3 –  
09:45:00.000



Fault inception record

SSB – L3 –  
09:45:00.500



Reclosing record

Courcelles (2437) 5.9 kA

Fault  
pF A-G  
C.B.

CB 1-ph  
opening

Reclosing  
order

CB 3-ph  
opening





# **Ключевые показатели Эффективности (КПЭ)**



## Используемые КПЭ

- **Доступность данных**  
Число загруженных осциллограмм
- **Эффективность анализа**  
Число аварий обработанное и определенное с достаточной точностью.
- **Эффективность сети**  
Среднее время восстановления и количество предотвращенных повреждений
- **Эффективность действий**  
Число успешных восстановлений сети без привлечения персонала ОВБ.
- **Улучшение знаний.**  
Расследование ситуаций.
- **Количественная оценка долгосрочной эффективности.**  
Улучшение организации релейной защиты, превентивные действия предотвращающие аварии.



**systems europe**  
software engineering  
for electric power



Управляющий



# “FACES” - Средство улучшения качества систем передачи электроэнергии







Спасибо за внимание.