

## **Пример использования прибора SATEC EM720 для регистрации переходных процессов и импульсных перенапряжений в сетях 22/0.4 кВ**

Отмена государственной монополии в электроэнергетике и коммерциализация рынка электрической энергии по всему миру привели к созданию множества точек, где электрическая энергия как продукт переходит от одного владельца к другому, в качестве примера можно привести продажу электроэнергии генерирующей или сетевой компанией другой сетевой компании или крупному потребителю.

До недавнего времени на границах балансовой принадлежности устанавливались только приборы учета (счетчики электрической энергии) для решения задач по финансовым взаиморасчетам.

Приборы по контролю качества электрической энергии и регистраторы аварийных событий использовались исключительно в системах внутреннего мониторинга и технического учета.

Как и для любого другого продукта, качество для электрической энергии имеет большое значение. Особенно в настоящее время, учитывая мировую тенденцию по качественному изменению нагрузки.

Во многих странах приняты и действуют стандарты качества электроэнергии. Контроль качества является неотъемлемой частью договоров в области электроснабжения. Поэтому появляется потребность в универсальном приборе - счетчике электрической энергии, который также будет осуществлять полный контроль качества и выполнять функции регистратора аварийных событий. Этот прибор сможет разрешать все споры возникающие между поставщиком и потребителем электрической энергии.

Использование универсального прибора, который совместит в себе функции по коммерческому учету, анализу качества и регистрации аварийных событий позволит уменьшить число элементов в системе, что приведет к повышению надежности, уменьшению стоимости и большей простоте при обслуживании системы.

Прибор, который описан в данной статье - это интеллектуальное электронное устройство, которое сочетает возможности многотарифного счетчика класса 0.2S (согласно ГОСТ МЭК62053-22), анализатора качества электроэнергии (ГОСТ МЭК 61000-4-30 Class A), регистратора аварийных событий и регистратора кратковременных перенапряжений. Данный прибор отвечает самым жестким требованиям (стандартам), которые предъявляются к анализаторам качества и приборам для коммерческого учета.

В данном документе мы хотим показать результаты пилотной установки прибора SATEC EM720.

3 прибора SATEC EM720 были установлены на понижающей подстанции «SHAR-NA-IR». Данная трансформаторная подстанция (ТП) расположена в г.Тель-Авив и обеспечивает электропитание высотного офисного здания. ТП производит преобразование напряжения с 22 кВ до 0.4 кВ. Два прибора были установлены на отходящих линиях низкого напряжения (0.4 кВ), один прибор на входе подстанции – 22 кВ (см. рисунок 1).

Причиной установки приборов на данной подстанции явились частые проблемы с качеством электроэнергии у потребителей. В здании установлено дорогостоящее серверное оборудование и проблемы с электропитанием приводят к его порче. Цель установки приборов – выявить и зарегистрировать проблемы с качеством электроэнергии и на основании этих данных определить источник данных проблем.

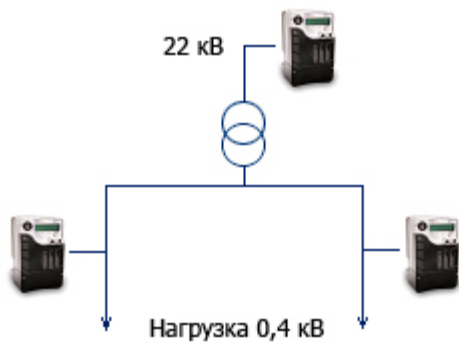


Рисунок 1 – Схема установки приборов на подстанции

Приборы были установлены на объект 20.08.2008

В данном тексте рассмотрено событие, произошедшее 18.09.2008 в 18:06:04.861

Рассмотрим его в хронологическом порядке:

Прибор SATEC EM720 установленный на линии 0.4 кВ зарегистрировал провал напряжения по всем трем фазам (см. рисунок 2).

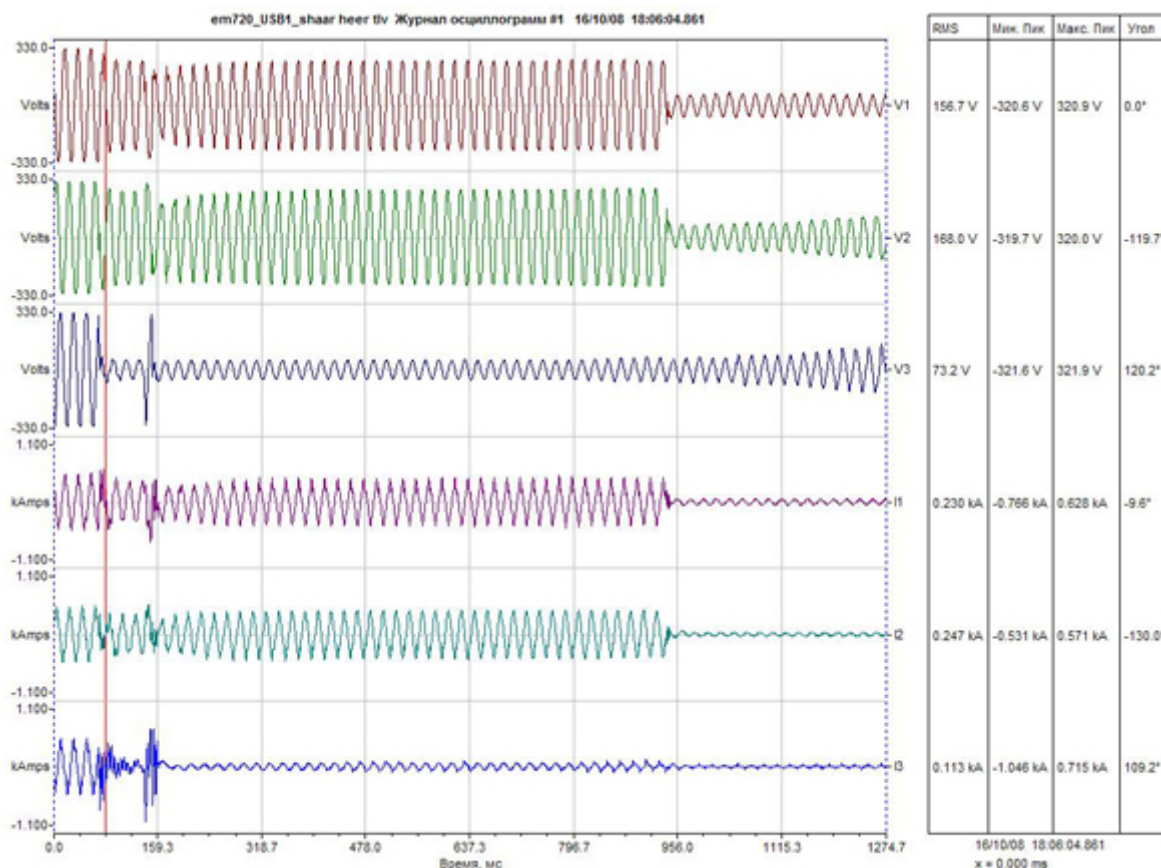


Рисунок 2 – Провал напряжения на линии 0.4 кВ

Мы видим, что провал по фазе «С» значительно превышает провал по другим фазам. Напряжение в фазе «С» упало до 73В. Как видно из рис.2 спустя 900 мсек произошел повторный провал напряжения по фазам «А» и «В» и отключение токов по всем 3-м фазам. Благодаря программе PAS мы можем просмотреть данное событие также в виде RMS-графика. (см. рис.3)

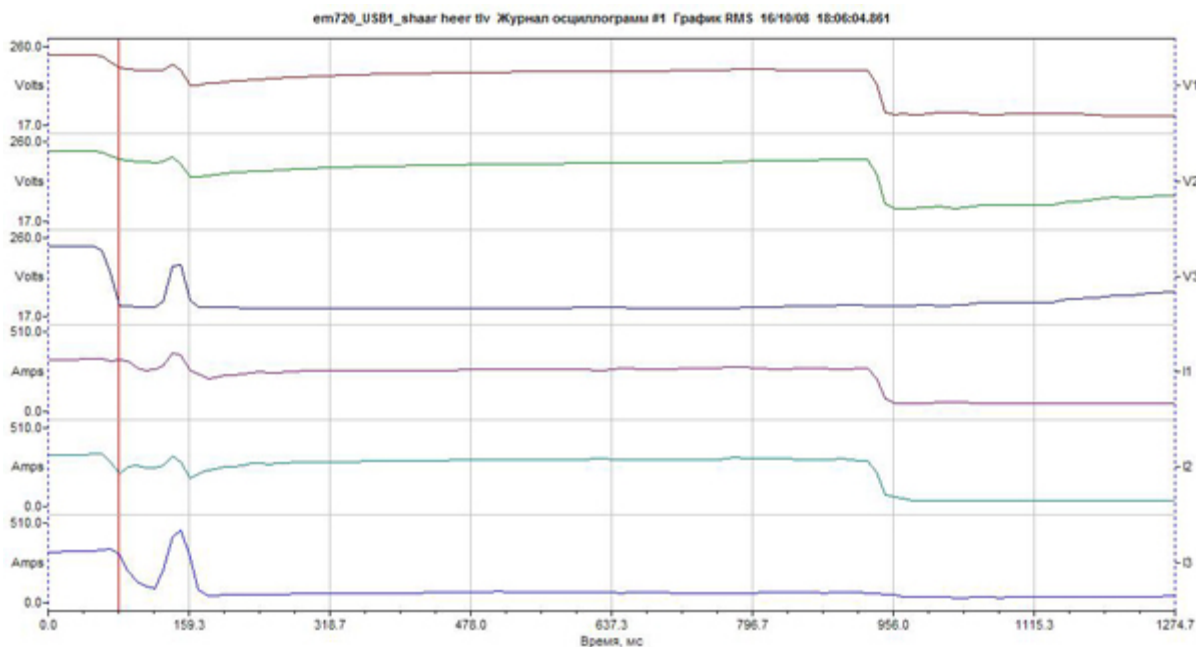


Рисунок 3 – Провал напряжения на линии 0.4 кВ – RMS-график

Благодаря тому, что на данной ТП было установлено несколько приборов мы можем оценить как выглядело данное событие на стороне 22 кВ. Данное событие представлено на рисунке 4.

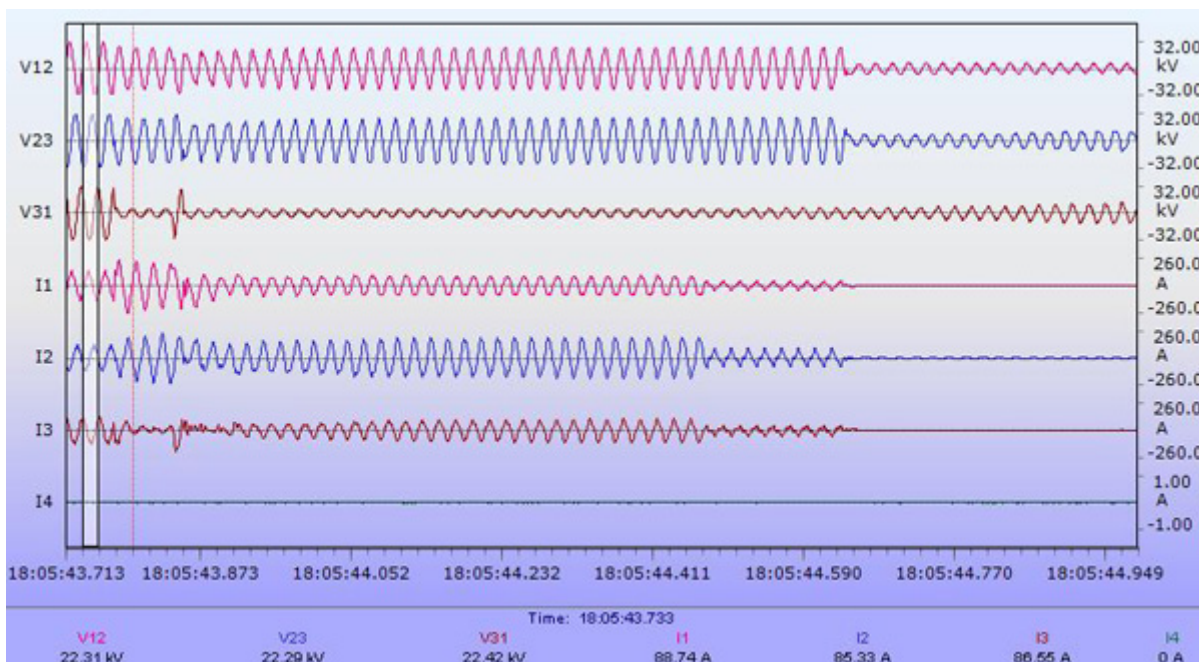


Рисунок 4 – Провалы напряжения на стороне 22 кВ.

Как видно из рисунков 2,3,4 в результате произошло полное отключение напряжения, данное отключение продолжалось около 9 минут. В 18:15:42.804 зарегистрирован возврат питающего напряжения по всем трем фазам. Важно отметить, что форма кривых напряжения была сильно искажена (см. рис.5). Что мы также можем увидеть, обратив внимание на высокий уровень гармонических искажений.

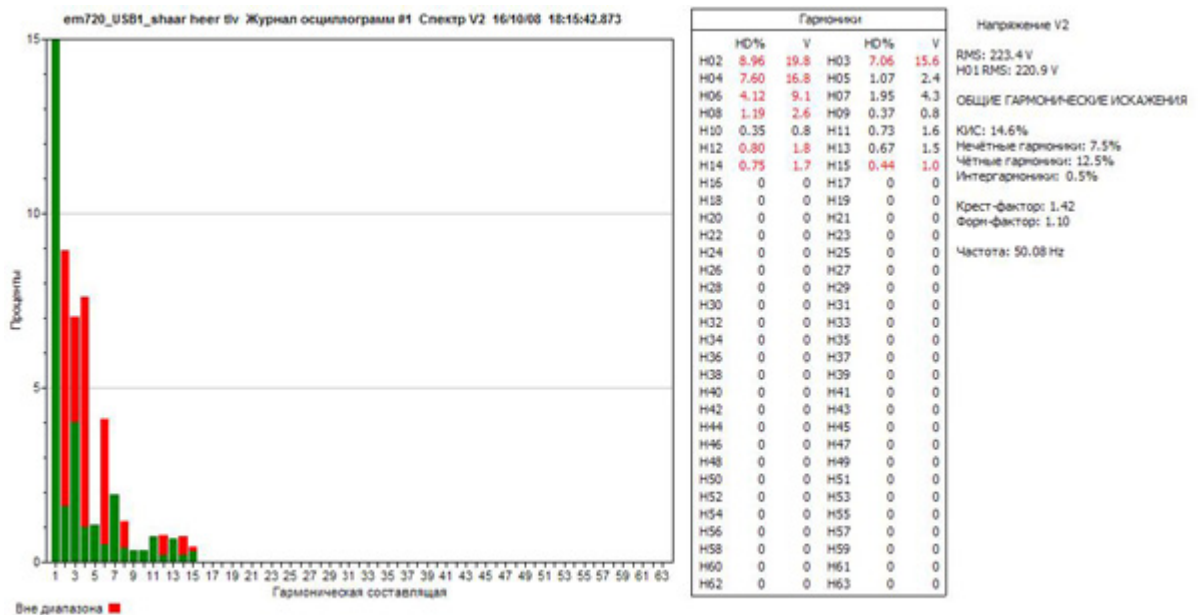
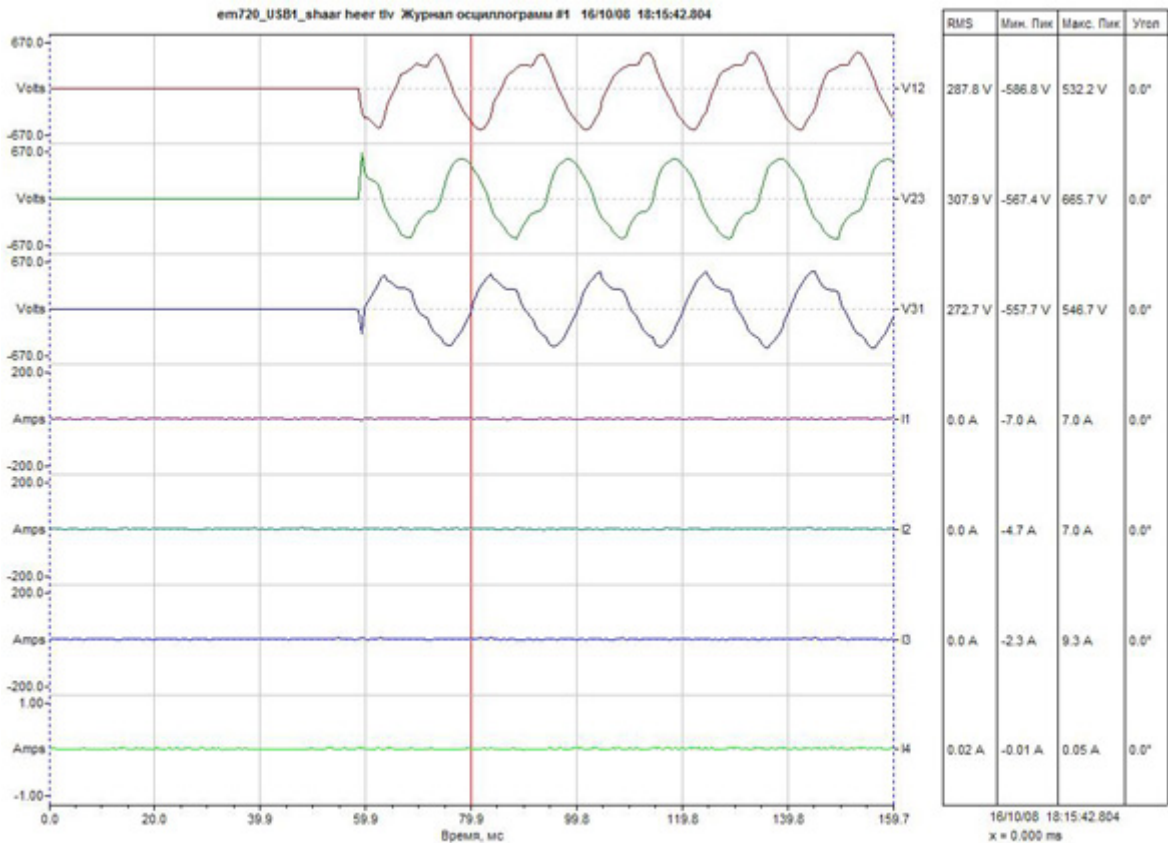


Рисунок 5 – Возврат питающего напряжения

Во время возвращения питающего напряжения было зафиксировано кратковременное импульсное напряжение во всех трех фазах и в нейтрали относительно земли. Благодаря специальному высокоскоростному входу прибора удалось записать импульсы относительно земли, которые достигали 720В.

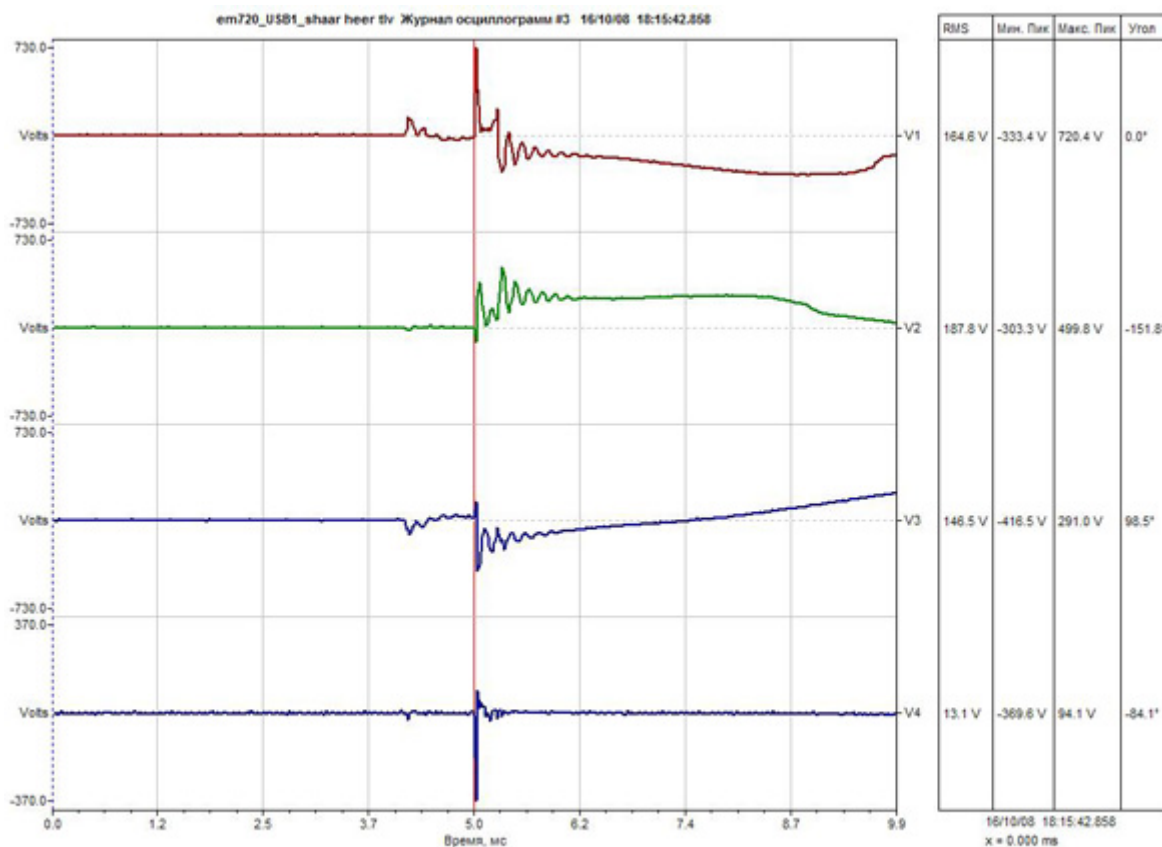
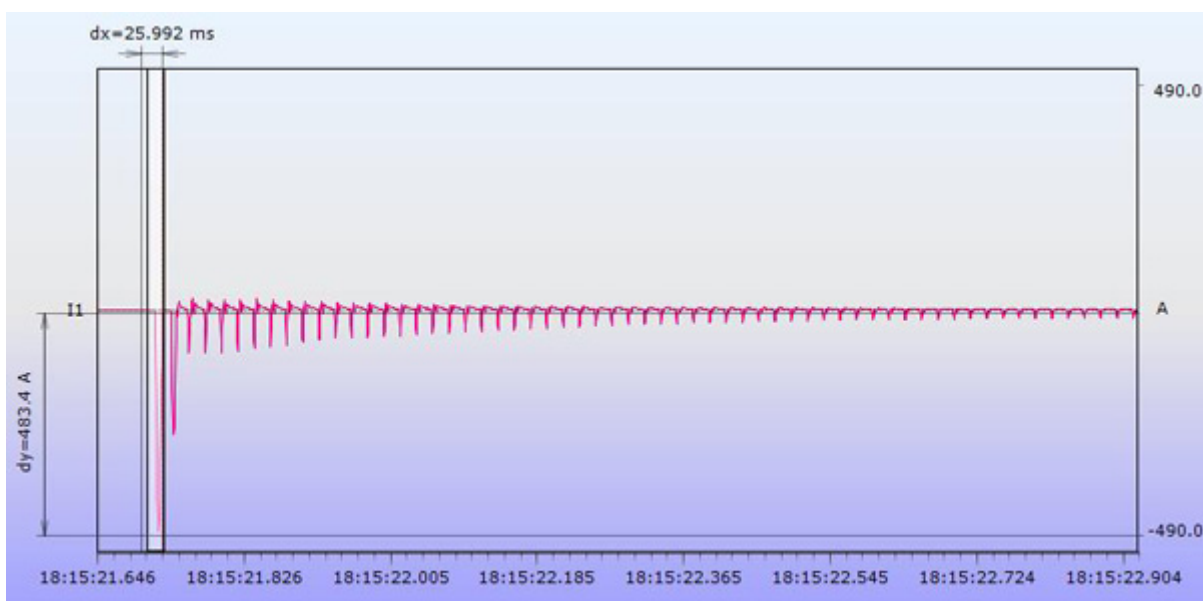


Рисунок 6 – Импульс напряжения относительно земли

Анализ формы напряжения на рисунке 5 показал недопустимо высокие значения гармоник, особенно четных. Причиной высоких гармоник стало насыщение трансформатора в результате броска тока (Inrush Current). Что видно из рисунка 7.



## Рисунок 7 – Начальный ток трансформатора

### Заключение:

Переходный процесс, возникший на стороне 22 кВ привел, к провалам напряжения, которые привели к отключению потребителя на 9 минут.

Возвращение напряжения сопровождалось высокими стартовыми токами и высоким уровнем гармонических искажений, что привело к импульсу напряжения до 700В у потребителя (0.4 кВ), который мог привести к выходу из строя электронного оборудования.

В таблице 1 приведена пообщая статистика по зарегистрированным провалам напряжения за время установки прибора, а также понедельная статистика по отключениям и несимметрии.

Применение приборов EM720 позволило записать осциллограммы напряжений и токов переходных процессов, а также короткие импульсные перенапряжения относительно земли.

**Таблица –1 Статистика по провалам напряжения, несимметрии и отключениям**

#### Отчёт соответствия EN50160 23/08/08 - 25/10/08

##### Несимметрия напряжений

От	До	Время в работе, %	Соответствие, % времени	Макс. несимметрия напряжения, %	Соответствие стандарту
17/08/08	23/08/08	57.64	99.43	7.9	Ok
24/08/08	30/08/08	100.00	100.00	0.2	Ok
31/08/08	06/09/08	100.00	100.00	0.2	Ok
07/09/08	13/09/08	100.00	100.00	0.2	Ok
14/09/08	20/09/08	100.00	100.00	0.2	Ok
21/09/08	27/09/08	100.00	100.00	0.2	Ok
28/09/08	04/10/08	99.90	100.00	0.2	Ok
05/10/08	11/10/08	100.00	100.00	0.2	Ok
12/10/08	18/10/08	100.00	100.00	0.3	Ok
19/10/08	25/10/08	100.00	100.00	0.4	Ok

##### Провалы напряжения

Остаточное напряжение (u), %Un	Длительность (t)						
	t < 100ms	t < 500ms	t < 1s	t < 3s	t < 20s	t < 60s	t < 180s
85 < u < 90	11	0	0	0	0	0	0
70 < u <= 85	6	3	0	0	0	0	0
40 < u <= 70	1	1	0	0	0	0	1
u <= 40	3	2	0	1	4	0	1

##### Прерывание напряжения

t < 1s	Длительность (t)	
	t < 180s	t > 180s
0	1	2

### Краткая техническая информация об использованном приборе

ExpertMeter 720 (EM720) является многофункциональным электронным прибором совмещающим в себе функции многотарифного и высокоточного счетчика электрической энергии, анализатора качества и регистратора аварийных событий.

Прибор обеспечивает трехфазные измерения параметров электроэнергии, включая показатели качества, мониторинг внешних событий; взаимодействие с внешним оборудованием через контакты реле; запись в приборе измеряемых параметров и событий, анализ гармоник сети и запись отклонений от нормы; регистрацию импульсных перенапряжений (до 2 кВ, 20 мксек), а также регистрацию аварийных событий с токами до 50А (10хIном).

### **Возможности:**

- Счетчик электрической энергии (класс 0.2S), регистрация и хранение профилей нагрузки, многотарифная система учета электроэнергии (TOU), учет электроэнергии по импульсным входам с других счетчиков, расчет потерь в линии и трансформаторе, уникальная антивандальная система защиты прибора, самодиагностика.
- Полный анализ качества электроэнергии согласно стандарту IEC61000-4-30 class A, (статистика соответствия EN50160, статистика по гармоникам; программируемые уставки и гистерезис; отчёты).
- Цифровой регистратор аварийных событий с максимальным регистрируемым током 50А. Идентификация аварийных событий, регистрация последовательностей событий с присвоением меток времени.
- Журнал событий для регистрации событий само-диагностики, срабатывания уставок и операций дискретных входов/релейных выходов.
- 4 журнала регистрации формы волны; одновременная запись 7 каналов (3 напряжений и 4 токов) на одном графе; частота записи 32 –1024 точек за период; регистрация до 20 периодов перед событием; до 3 минут непрерывной записи на частоте 32 точки за период (для версии с размером памяти 8 Мб).
- 16 разделов регистрации данных; запись на периодической основе или по какому-либо внутреннему или внешнему триггеру, до 20 периодов перед событием.
- Программируемый контроллер (32 управляющих триггера; программируемые уставки и задержки времени; управление выходными реле; время реакции 1/2 –периода, логические условия)
- Многофункциональный 3-фазный прибор: реальные действующие значения (RMS) напряжений и токов, мощности, cos ф, ток нейтрали, несимметрия напряжений и токов, частота, усредненные значения.
- Анализатор гармоник, КИС (THD) напряжения и тока, TDD тока и К-фактор тока, КИС (THD) интергармоник, индивидуальные гармоники, направление мощности гармоник, углы, симметричные составляющие.
- 16 программируемых таймеров (от 10 мсек до 24 часов), для использования при программировании срабатывания уставок
- NiMH – подзаряжаемая батарея, для работы прибора при перерывах в электропитании
- Опциональный вход для независимого источника питания постоянного тока.
- 3 слота для установки дополнительных модулей (горячая замена).

### **Измерительные входы напряжения и тока:**

- 3 входа переменного напряжения (линейное напряжение до 480В).
- 4 изолированных входа переменного напряжения для измерения импульсного напряжения относительно земли.
- 4 изолированных входа переменного тока – 5А, рабочий диапазон до 10 In

### **Дополнительный вход питания прибора (опция):**

- Дополнительный вход питания прибора DC.
- Порты связи и протоколы

### **EM720 имеет широкие коммуникационные возможности:**

- Инфракрасный порт (протоколы Modbus RTU, МЭК 1107)
- Универсальный RS-232/485 последовательный порт связи (до 115,200 bps, протоколы Modbus RTU/ASCII)
- Ethernet 10/100 Base-T port (протоколы Modbus/TCP, МЭК61850 до 5 одновременных подключений, Telnet service port)
- USB 1.1 (Modbus RTU, 12 Mbps)
- GPRS модем (протоколы Modbus/TCP или DNP3.0/TCP)
- Вход синхронизации времени - IRIG-B