

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Теорию электрических цепей можно назвать первым трудным препятствием, которое преграждает путь начинающим изучение электротехники. Если не научиться разбираться в них, будет очень трудно понять последующие темы — электрогенерацию, электропередачу, электронные схемы и т. д. Однако пытающихся освоить электрические цепи, наверное, часто смущает обилие математических выкладок и формул.

Эта книга написана с целью дать возможность читателям, приступающим к изучению электрических цепей получить радость от этого процесса. В книге парочка персонажей из параллельного мира — Фьюз и Космо, постепенно узнают много нового, бросая вызов задачам с использованием электрических цепей: от постоянного и переменного тока до генерации и передачи электроэнергии. Мне хотелось бы, чтобы читатели, сопереживая этим героям и испытывая вместе с ними удовольствие от решения задач, тоже не уступали им, а повышали свой уровень мастерства.

Как специалист по электротехнике, я буду рад, если как можно больше читателей глубоко поймут теорию электрических цепей и ещё сильнее заинтересуются ей. А затем, преодолев это первое препятствие, попытаются войти в мир электротехники, умных сетей электроснабжения и космической энергетики.

В заключение хочу здесь выразить искреннюю благодарность г-ну Ямада Гарэки, нарисовавшему мангу, сотрудникам компании Pulse Creative House, а также всем сотрудникам и заинтересованным лицам отдела разработок издательства Ohmsha, давшим мне возможность написать эту книгу.

*Иида Ёсикадзу  
Февраль 2010*

# СОДЕРЖАНИЕ

## Глава 1. ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?

1. Природа электричества .....	10
Атомное ядро и электроны.....	19
Электростатическая индукция.....	19
2. Проявления электричества .....	21

## Глава 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Последовательная цепь .....	28
Схема соединений (монтажная) и принципиальная схема.....	39
2. Параллельная цепь .....	40
3. Закон Ома .....	41
Основа основ - «закон Ома» .....	41
Принципиальная схема и её расчёт .....	42



Лекция 1 мастера Ёта. <b>Общее сопротивление</b> .....	43
--	----

4. Эквивалентные схемы.....	56
-----------------------------	----



Лекция 2 мастера Ёта. <b>Расчёт эквивалентных схем</b> .....	58
--	----

5. Правила Кирхгофа .....	60
Фундамент теории электрических цепей.....	60

Дополнительная информация .....	73
Электрическая энергия (электроэнергия) .....	73
Электрическая проводимость.....	73
Мост Уитстона .....	73
Теорема наложения .....	74

## Глава 3. ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Электромагнитная индукция.....	76
2. Синусоидальный переменный ток .....	81

<b>3. Среднее и действующее значения тока</b> .....	<b>83</b>
Смысл действующего значения.....	93
Расчёт действующего значения .....	94
Определение действующего значения.....	94



**Лекция 3 мастера Ёта. О векторах и комплексных числах..... 100**

<b>4. Полное сопротивление и полная проводимость</b> .....	<b>101</b>
Индуктивность.....	113
Индуктивное сопротивление.....	115
Электрическая ёмкость .....	117
Ёмкостное сопротивление .....	118
<b>5. Векторы и разность фаз</b> .....	<b>121</b>
<b>6. Мощность переменного тока</b> .....	<b>135</b>
Как выразить мощность переменного тока?.....	145
Связь между мощностью, полным сопротивлением и коэффициентом мощности .....	148
Векторное выражение мощности .....	149



**Лекция 4 мастера Ёта. Мощность переменного тока..... 151**

<b>Дополнительная информация</b> .....	<b>157</b>
Резонансные цепи.....	157
Теорема об активном двухполюснике (теорема Тевенена-Гельмгольца*) .....	157

## **Глава 4. ЦЕПИ ТРЁХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

<b>1. Выгоды трёхфазного переменного тока</b> .....	<b>162</b>
Причина использования трёхфазного переменного тока .....	164
<b>2. Подключение трёхфазного переменного тока</b> .....	<b>165</b>
Звёзды и многоугольники .....	165
<b>3. Изучаем трёхфазный переменный ток с помощью векторов</b> .....	<b>166</b>
Оператор поворота.....	166
Почему проводов три?.....	167
<b>4. Трёхфазный переменный ток при соединении фаз звездой и треугольником</b> .....	<b>168</b>
Соединение фаз «звездой» и «треугольником».....	168
Соединения «звезда-звезда» и «звезда-треугольник» .....	169

Очень просто! Соединение фаз источника «треугольником» ..... 179

**5. Мощность трёхфазного тока** ..... 181



Лекция 5 мастера Хиудзу. Трёхфазный переменный ток ..... 188

**Дополнительная информация** ..... 194

Вращающееся магнитное поле ..... 194

Инвертор ..... 196

## Глава 5. ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ И ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧА



Лекция 6 мастера Ёта. Электрогенерация и электропередача ..... 202

**Дополнительная информация** ..... 209

Умные сети электроснабжения ..... 209

Технология передачи электроэнергии на сверхвысоких частотах .. 210

Технология сверхпроводимости ..... 210

Системы космической солнечной электрогенерации ..... 211

Электрогенерация термоядерного синтеза ..... 212

Топливные элементы ..... 213

Солнечная электрогенерация ..... 213

Ветровая электрогенерация ..... 214

Тепловой насос ..... 215

Светодиодное освещение ..... 215

Интернет по линиям электропередач ..... 215

Основные понятия ..... 217



Лекция 7 мастера Ёта. Термины теории электрических цепей ..... 217

Основные понятия ..... 217

Практические термины ..... 218

Символы греческого алфавита ..... 219

Единицы измерения, используемые для электрических цепей .. 220

Обозначения, используемые на электрических схемах ..... 221

**Эпилог** ..... 223

**Предметный указатель** ..... 228

# НЕКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

## ЛАБОРАТОРИЯ

ИТАК, ЕСЛИ УДАСТЯ  
ПОЙМАТЬ ЭТУ ЧАСТИЦУ,

ТО НАЧНЁТСЯ ЭПОХА  
НОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.

Профессор  
электротехники  
Масуда Эта

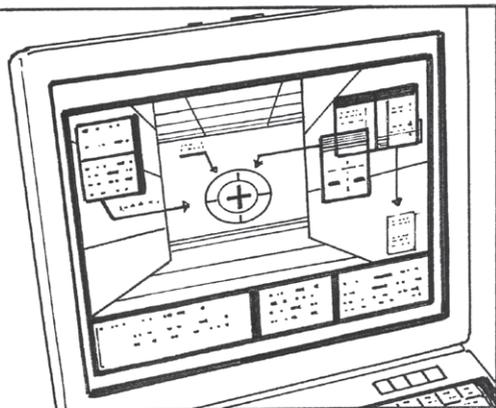
МОЖЕТ БЫТЬ,  
Я ТОЖЕ СМОГУ СТАТЬ  
ЗНАМЕНИТОСТЬЮ?  
И СОЗДАННАЯ МНОЙ  
ИГРА БУДЕТ ХОРОШО  
ПРОДАВАТЬСЯ?

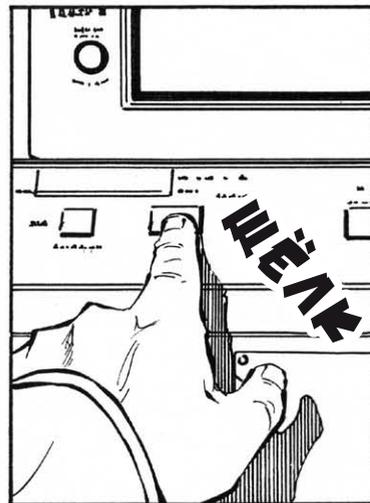
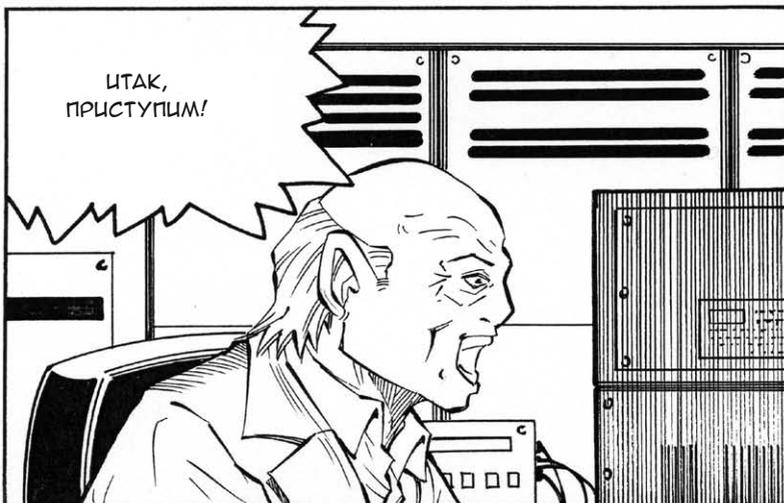
САЙКО, СДЕЛАЙ ТАК,  
ЧТОБЫ ДАННЫЕ  
СКАЧИВАЛИСЬ  
НА МОЙ КОМПЬЮТЕР  
ТОЖЕ.

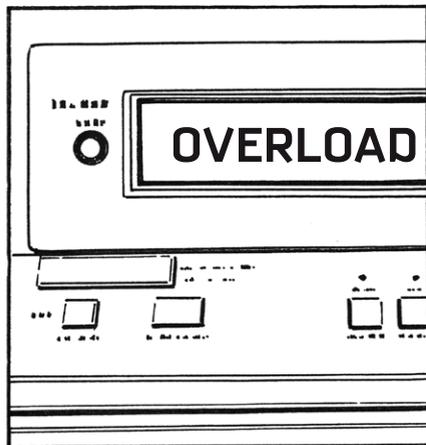
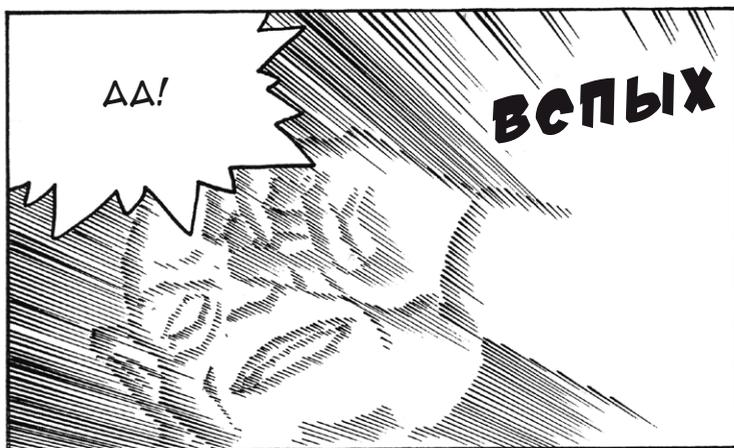
ПОНЯЛА.

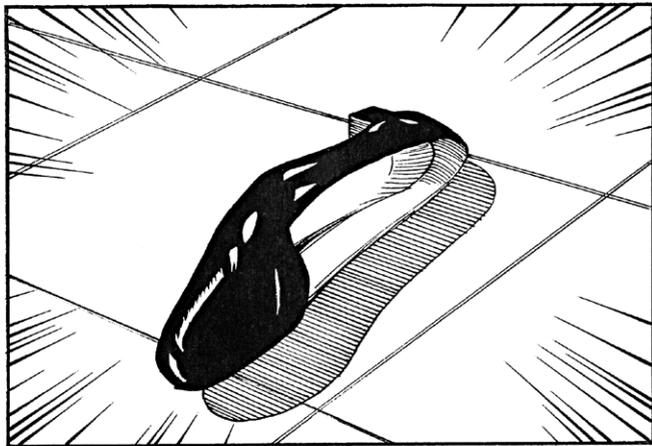
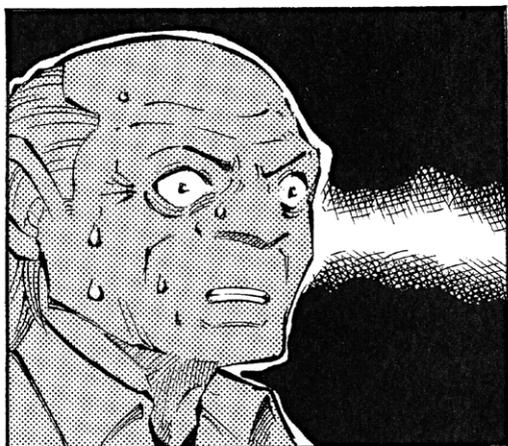
Профессор  
электротехники  
Масуда Сайко

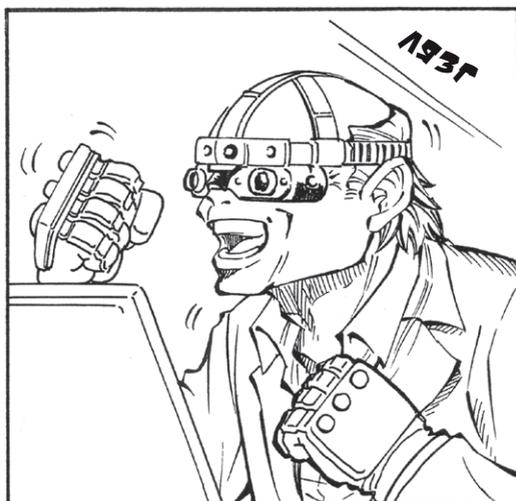
ВСЁ ГОТОВО.

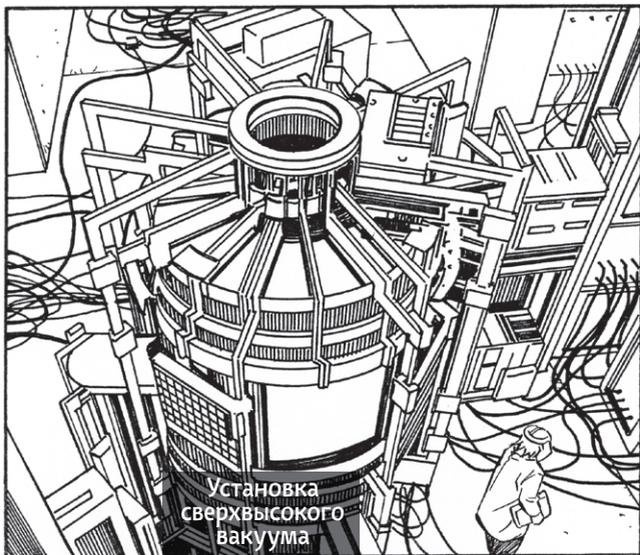




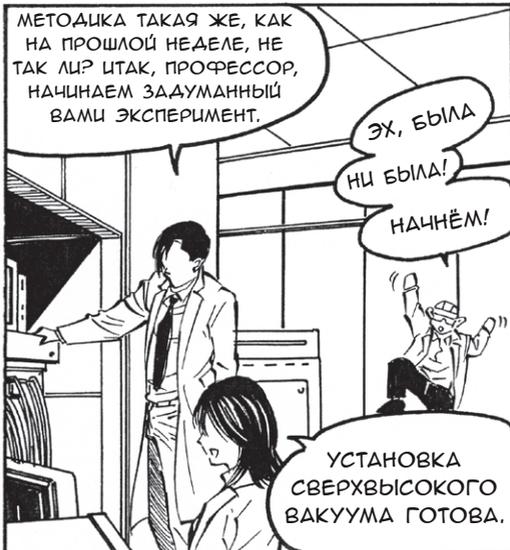








Установка  
сверхвысокого  
вакуума



МЕТОДИКА ТАКАЯ ЖЕ, КАК  
НА ПРОШЛОЙ НЕДЕЛЕ, НЕ  
ТАК ЛИ? ИТАК, ПРОФЕССОР,  
НАЧИНАЕМ ЗАДУМАННЫЙ  
ВАМИ ЭКСПЕРИМЕНТ.

ЭХ, БЫЛА  
НИ БЫЛА!  
НАЧНЁМ!

УСТАНОВКА  
СВЕРХВЫСОКОГО  
ВАКУУМА ГОТОВА.



НА ПРОШЛОЙ НЕДЕЛЕ ВЫ ТОЖЕ  
ИГРАЛИ В ИГРУ, НЕ ТАК ЛИ?  
ЗНАЧИТ, ДЕЛАЕМ ВСЁ ТОЧНО  
ТАК ЖЕ, КАК НА ПРОШЛОЙ  
НЕДЕЛЕ?

РАЗУМЕЕТСЯ...  
ПРАВДА, ВО ВРЕМЯ  
ОПЫТА

Я ПОДКЛЮЧИЛ  
СВОЙ КОМПЬЮТЕР,  
ЧТОБЫ СОХРАНЯТЬ  
ДАННЫЕ...

Ассистент  
профессора,  
аспирант  
Хиудзу Канамэ



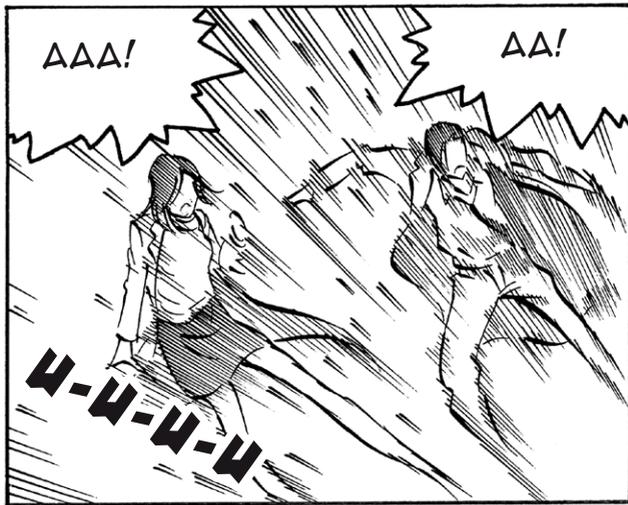
ТОГДА, ПРОФЕССОР,  
ДАВАЙТЕ ПОДКЛЮЧИМ  
ГЛАВНЫЙ КОМПЬЮТЕР.

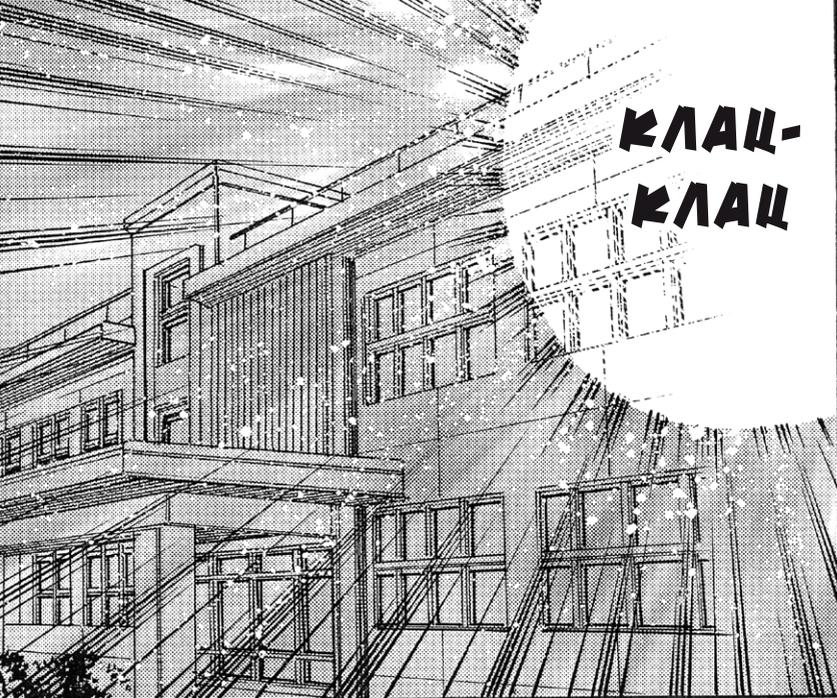
ВКЛЮЧАЕМ  
УСТАНОВКУ  
СВЕРХВЫСОКОГО  
ВАКУУМА!

ЩЁЛК

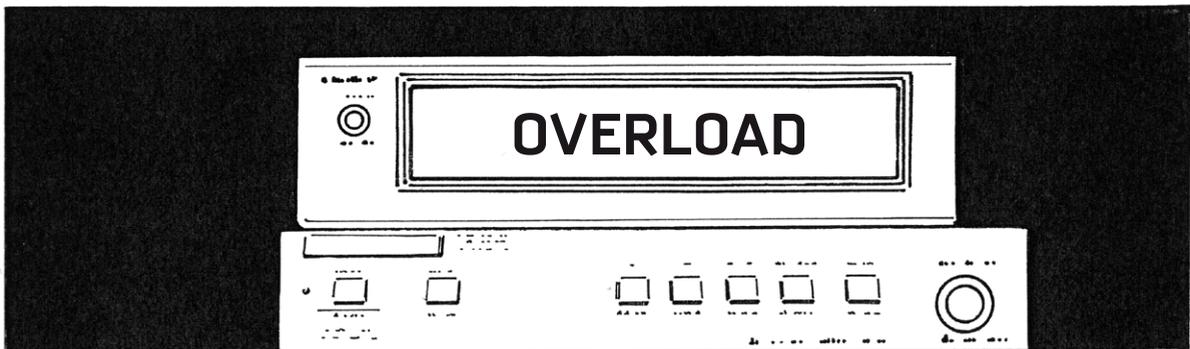
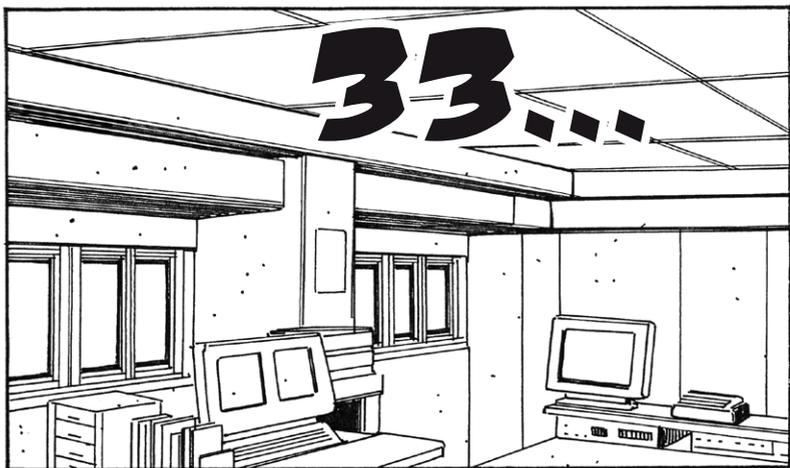
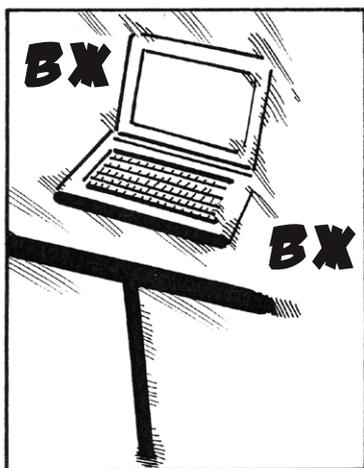
НАЧИНАЕМ  
ЭКСПЕРИМЕНТ!

**ERROR!!**





**КЛАЦ-  
КЛАЦ**



ГЛАВА 1

# ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?



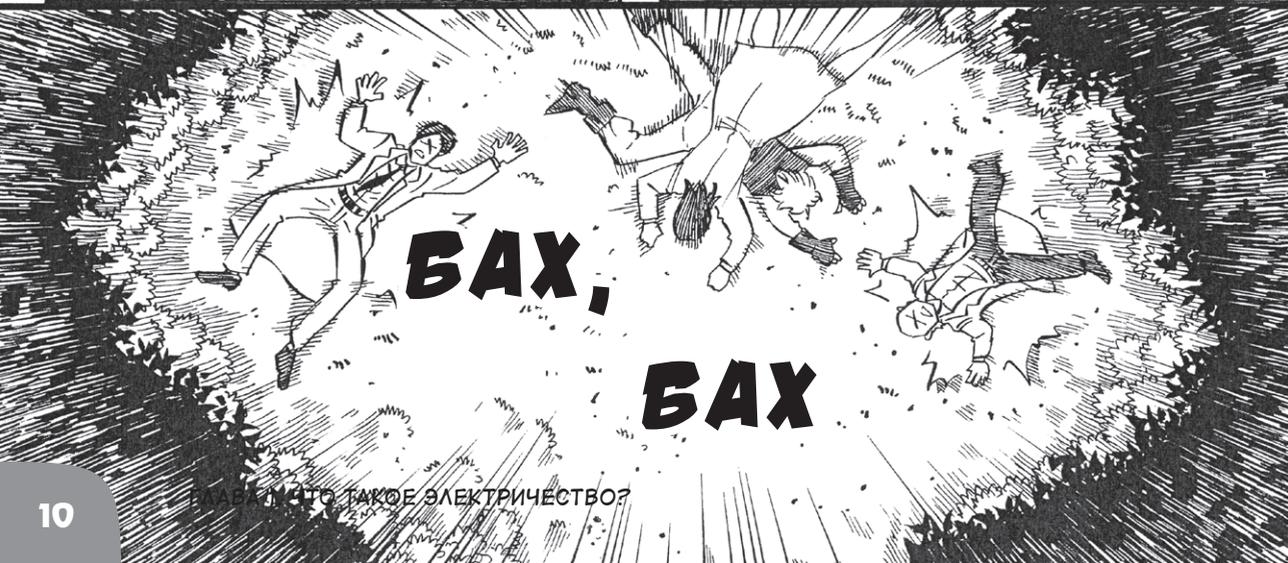
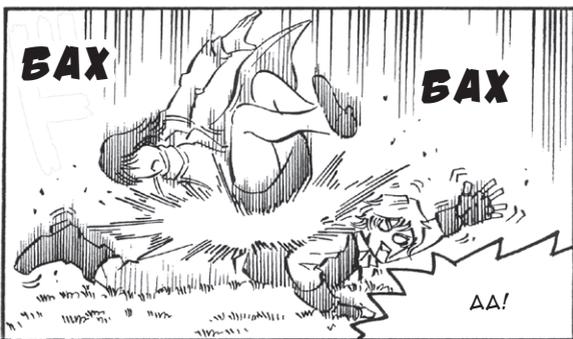
# 1. ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

И-И-И

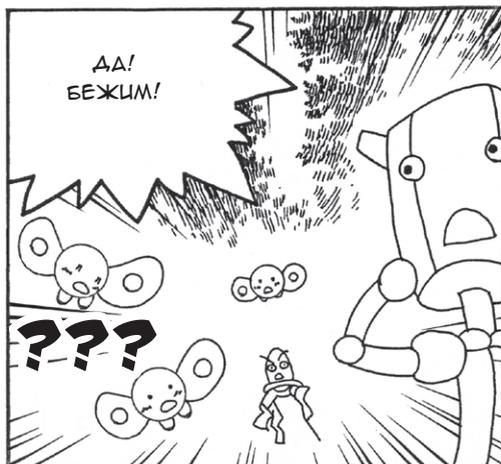
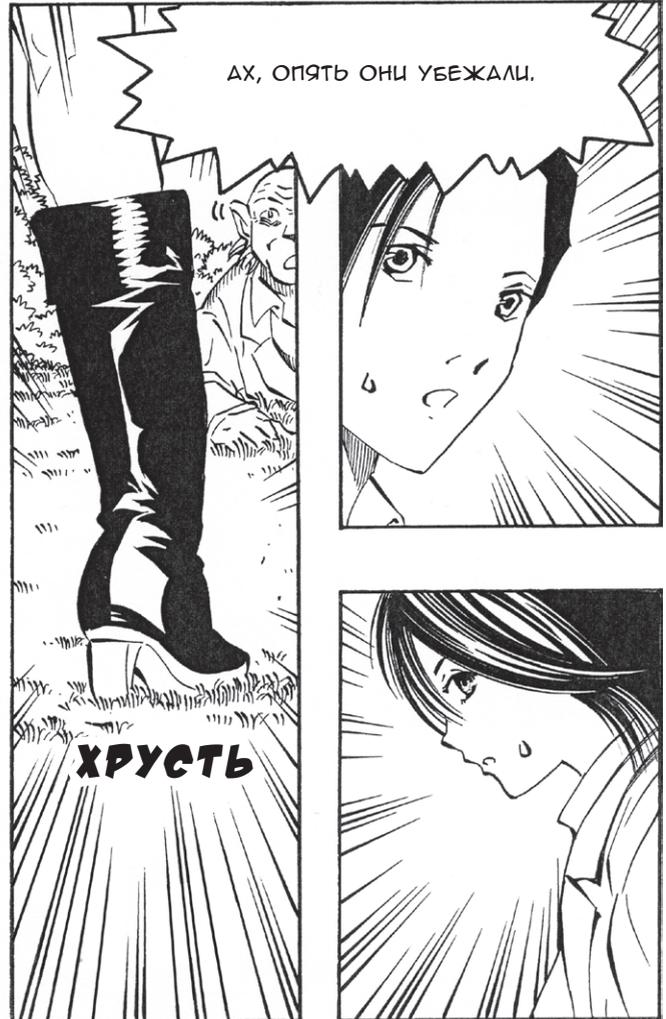
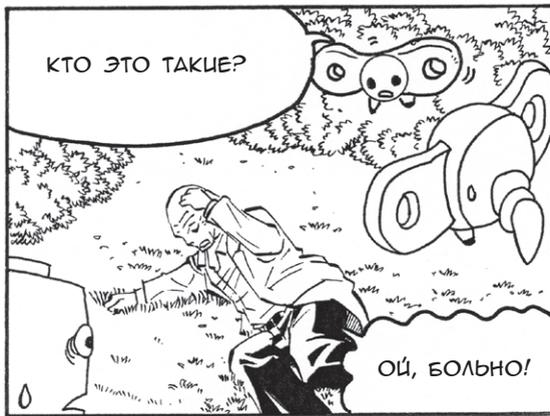
ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ МИР



ФЬЮЗ –  
ДВОЙНИК ХИУДЗУ  
В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ  
МИРЕ



КАК ЭТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?





КОСМО –  
ДВОЙНИК КОСУМО  
В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ  
МИРЕ





КСТАТИ, ВЫ ЗНАКОМЫ  
С ЧЕЛОВЕКОМ, КОТОРЫЙ  
УПАЛ НА НАС НЕДЕЛЮ  
НАЗАД?

**ХЛЫСЬ**

ЕСЛИ ДА, ТО МОЖЕТ  
БЫТЬ, ЗАПЛАТИТЕ  
НАМ КОМПЕНСАЦИЮ  
ЗА ОБА РАЗА?



ТЫ ЧТО, ХОЧЕШЬ  
ПОССОРИТЬСЯ?

**ФИТЬ**



ПОХОЖЕ,  
ОНА КРУТАЯ!



НЕТ... Я ПРОСТО  
ПОШУТИЛ...

**ВЖУХ**

**ВЖУХ**



ВСЁ-ТАКИ ОТКУДА  
ОНИ НА НАС  
СЫПЯТСЯ?

И ТА КРАСИВАЯ  
ЖЕНЩИНА  
ДО ЭТОГО...