

# Технологии ЭМС

**В номере:**

- Особенности мониторинга электромагнитной среды на технически сложном энергетическом объекте
- Исследование паразитного излучения кромок многослойных печатных плат СВЧ диапазона
- Методы снижения уровня побочных излучений от СВЧ установок лучевого типа для термообработки материалов
- Научно-методическое и программное обеспечение оценки безопасности относительно электромагнитных излучений радиочастот на объектах морской инфраструктуры
- Определение условий распределения тягового тока в среде передачи данных телекоммуникационных систем автоматики и телемеханики
- Защита бортовой спутниковой навигационной системы от кратковременного пропадания электропитания и электромагнитных помех
- Выбор методов обеспечения внутриаппаратной ЭМС при массогабаритных ограничениях
- Обеспечение качества характеристик источников бесперебойного питания в условиях помех, вызванных нелинейной нагрузкой
- Определение расположения сварных швов на магистральных трубопроводах в условиях помех  
Методы снижения паразитной связи между проводниками

**Всероссийская научно-техническая конференция ТехноЭМС 2013**

**Москва, ноябрь 2013 г.**



# Технологии электромагнитной совместимости

## Technologies of electromagnetic compatibility

### 2013. № 3(46).

ISSN 1729-2670

**УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:**

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

Зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Регистрационное свидетельство ПИ № 77-9669 от 24 августа 2001 года

**Оформить подписку можно**

по объединенному каталогу «Пресса России»:

10362 — полугодовой индекс;

в издательстве (предпочтительно) (8-985-134-4367).

**Главный редактор журнала,****председатель редакционного совета**

КЕЧИЕВ ЛЕОНИД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., проф.

**Зам. главного редактора журнала**

ФАЙЗРАХМАНОВ НИКОЛАЙ ИСХАКОВИЧ,

АЛЕШИН АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, к.т.н.

**Редакционный совет:**

АКБАШЕВ БЕСЛАН БОРИСОВИЧ, д.т.н.

БАЛЮК НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

ВОРШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ, д.т.н., проф.

КИРИЛЛОВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

КОСТРОМИНОВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ,

д.т.н., проф.

КРИВОВ АНАТОЛИЙ СЕРГЕЕВИЧ, д.т.н., проф.

МЫРОВА ЛЮДМИЛА ОШЕРОВНА, д.т.н., проф.

НЕФЕДОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, д.т.н., проф.

НИКИТИНА ВАЛЕНТИНА НИКОЛАЕВНА, д.мед.н., проф.

НИКИФОРОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ, к.т.н.

ОЛЬШЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, к.т.н.

ПОЖИДАЕВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ, д.т.н., проф.

ПУГАЧЕВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

САРЫЛОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

САХАРОВ КОНСТАНТИН ЮРЬЕВИЧ, д.т.н., с.н.с.

СТЕПАНОВ ПАВЕЛ ВЛАДИМИРОВИЧ, д.т.н., проф.

СУХОРУКОВ СЕРГЕЙ АРСЕНЬЕВИЧ, к.т.н., доцент

ТУХАС ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ, д.т.н., проф.

ФОМИНИЧ ЭДУАРД НИКОЛАЕВИЧ, д.т.н., проф.

ЧЕРМОШЕНЦЕВ СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ, д.т.н., проф.

**ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА:**

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ».

**РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА:**

НОЧУ «Новая Инженерная Школа»

**Издается при содействии кафедры РЭТ**

МИЭМ-НИУ ВШЭ.

**Главный редактор** СТАСЬ Константин Николаевич**Исполнительный директор**

Лебедев Петр Сергеевич

Адрес: 105005, Москва, Наб. академика Туполева, 15, стр. 29, оф. 117.

ООО «Издательский Дом «ТЕХНОЛОГИИ»

Редакция: тел./факс 8 (495) 916-89-64,

e-mail: [kl1940@gmail.com](mailto:kl1940@gmail.com).

Статьи рецензируются. Статьи опубликованы в авторской редакции. Мнение членов редакционного совета может не совпадать с точкой зрения авторов публикаций. Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции. Рукописи не возвращаются.

Журнал включен в перечень ведущих журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии (ВАК).

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИННИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory».

**Содержание**

<b>Головин Д.Л., Сарылов О.В., Сарылов В.Н.</b> Особенности мониторинга электромагнитной среды на технически сложном энергетическом объекте .....	3
<b>Елизаров А.А., Закирова Э.А.</b> Исследование паразитного излучения кромок многослойных печатных плат СВЧ диапазона .....	16
<b>Мамонтов А.В., Резник С.В., Нефедов В.Н., Гузева Т.А.</b> Методы снижения уровня побочных излучений от СВЧ установок лучевого типа для термообработки материалов .....	24
<b>Лазарев Д.В., Грачёв Н.Н.</b> Научно-методическое и программное обеспечение оценки безопасности относительно электромагнитных излучений радиочастот на объектах морской инфраструктуры .....	29
<b>Глотов А.С.</b> Определение условий распределения тягового тока в среде передачи данных телекоммуникационных систем автоматики и телемеханики .....	39
<b>Аминев Д.А., Лисицын И.Ю., Увайсов С.У.</b> Защита бортовой спутниковой навигационной системы от кратковременного пропадания электропитания и электромагнитных помех ....	45
<b>Гульяев А.В.</b> Выбор методов обеспечения внутриаппаратной ЭМС при массогабаритных ограничениях .....	50
<b>Гольдберг О.Д., Увайсов С.У., Иванов И.А., Иванов О.А.</b> Обеспечение качества характеристик источников бесперебойного питания в условиях помех, вызванных нелинейной нагрузкой .....	55
<b>Андреев М.А.</b> Определение расположения сварных швов на магистральных трубопроводах в условиях помех .....	65
<b>Карaban В.М., Зырин И.Д.</b> Методы снижения паразитной связи между проводниками .....	68
<b>Всероссийская НТК ТехноЭМС-2013</b>	79



УДК 621.314

**О.Д. Гольдберг, С.У. Увайсов, И.А. Иванов, О.А. Иванов**

## **Обеспечение качества характеристик источников бесперебойного питания в условиях помех, вызванных нелинейной нагрузкой**

*В статье описаны основные сложности и проблемы, связанные с наличием высших гармонических составляющих тока и напряжения систем бесперебойного питания и предложены способы их подавления для обеспечения требуемой электромагнитной совместимости. Представлена модель стабилизатора напряжения, входящего в состав источника бесперебойного питания, где регулирование напряжения происходит за счет плавного изменения коэффициента трансформации.*

**источник бесперебойного питания, стабилизация напряжения, высшие гармоники, электрические цепи**

Уровень сложности оборудования в сфере компьютерных технологий постоянно повышается [1]. Поэтому системы обеспечения качества электроснабжения (например, Источники Бесперебойного Питания, ИБП/UPS) должны быть разработаны таким образом, чтобы они были способны справиться с широким спектром проблем, начиная от провалов, колебаний, выбросов напряжения, высокочастотных шумов, импульсных помех и заканчивая обеспечением электропитания при полном отсутствии напряжения промышленной сети. Одной из причин возникновения указанных проблем являются искажения формы напряжения, вызванные гармоническими составляющими тока и напряжения, потребляемого нелинейной нагрузкой.

Высшие гармонические составляющие в токах нелинейных электропотребителей приводят к негативным, а иногда и катастрофическим последствиям [2]. Последние могут быть разделены на эффекты мгновенного и длительного возникновения. Проблемы мгновенного возникновения включают:

- искажение формы питающего напряжения;
- падение напряжения в распределительной сети;
- эффект гармоник, кратных трем (в трехфазных сетях);
- резонансные явления на частотах высших гармоник;
- наводки в телекоммуникационных и управляющих сетях;
- повышенный акустический шум в электромагнитном оборудовании [3];
- вибрация в электромашинах [3].

Проблемы длительного возникновения включают:

- нагрев и дополнительные потери в трансформаторах и электрических машинах;
- нагрев конденсаторов;
- нагрев кабелей распределительной сети.

Но не только потребитель является виновником искажений формы напряжения и тока. В системах бесперебойного питания (к примеру, в ИБП линейно-интерактивного типа) могут иметь место скрытые дефекты [4, 5], а также часто используется приближение формы напряжения к синусоидальной посредством применения меандра с паузами или, как его часто называют, модифицированный синус (рис. 1) [6]. Данное приближение является не точный, в итоге мы имеем широкий ряд высших гармоник, и, как следствие, ухудшение показателей энергоэффективности, а также уменьшение срока службы оборудования (рис. 2).

Искажения синусоидальности напряжения, вызванные высшими гармониками, создаваемыми ИБП, как объекта с нелинейной входной характеристикой, помимо того, что могут являться серьезными проблемами ЭМС для систем бесперебойного питания, так еще и влияют на форму напряжения питания других потребителей, подключенных к тому же фидеру. Характерно, что наиболее существенными по величине высокочастотными гармониками во входном токе трехфазного ИБП с 6-ти по-



лупериодным выпрямителем являются 5-я и 7-я гармоники (250 и 350 Гц), а в системах с 12-ти полупериодным выпрямителем – 11-я и 13-я гармоники (550 и 650 Гц). Таким образом, ИБП, как объект системы бесперебойного питания, представляет собой генератор высших гармоник в другие объекты системы: сеть или генератор дизельно-генераторной установки (ДГУ). В зависимости от места подключения в распределительной сети и процентного соотношения с линейными нагрузками, подключенными к той же сети, ИБП может искажать форму напряжения сети и оказывать влияние на другие потребители. Предельно допустимые значения гармонических составляющих напряжения в точке общего подключения к электрическим сетям с номинальным напряжением 380 В не должны превышать 9 % для 5-ой гармоники и 5,25 % для 11-ой гармоники. Предельно допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности напряжения сети 380 В не должно превышать 12 %. При этом происходит увеличение действующего значения тока, потребляемого из сети, приводящее к повышенной нагрузке оборудования распределительной сети электропитания.

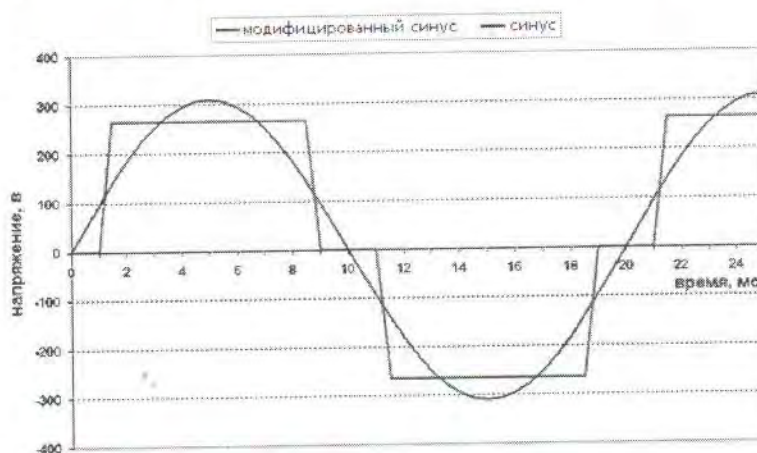


Рис. 1. Модифицированный синус

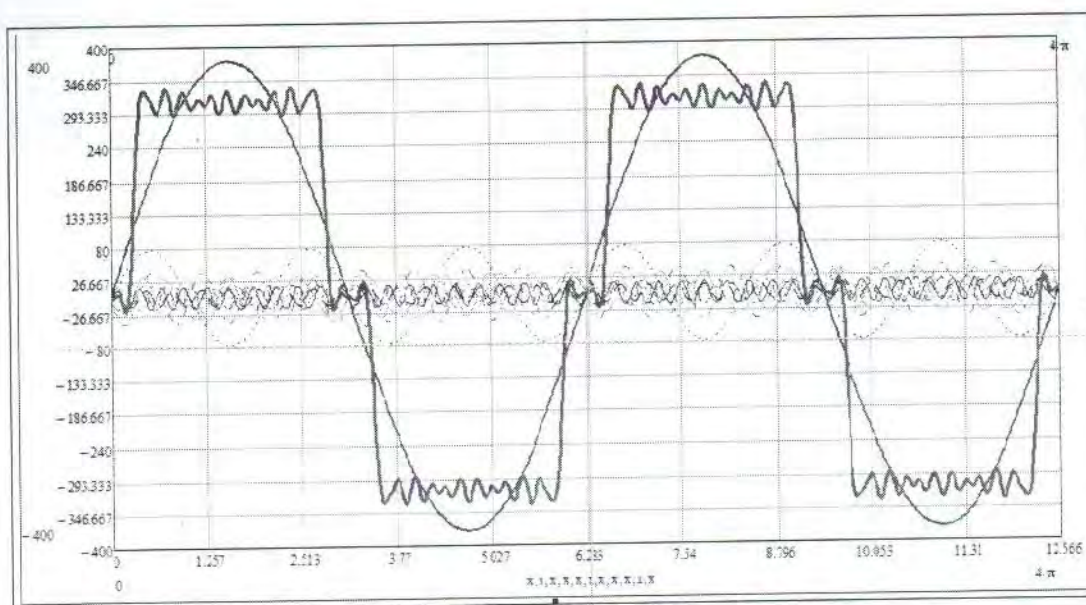


Рис. 2. Разложение формы напряжения на гармоники

Среди основных способов подавления высших гармоник для обеспечения требуемой электромагнитной совместимости (ЭМС) в системах бесперебойного питания следует отметить:

1. Применение входного пассивного фильтра 5-ой гармоники в трехфазных ИБП с 6-ти полупериодным выпрямителем.



2. Использование корректоров коэффициента мощности в структурах однофазных ИБП.
3. Использование входных двунаправленных мостовых ШИМ-преобразователей на IGBT-транзисторах в структурах трехфазных ИБП.
4. Применение активных кондиционеров гармоник в трехфазных системах.

При наличии высших гармоник в электрических цепях с сосредоточенными и распределенными параметрами, каковыми можно представить оборудование распределительных сетей системы электропитания, возникает опасность появления резонансных явлений. При возникновении резонансного или близкого к нему режима на какой-либо высшей гармонике тока или напряжения, эта составляющая оказывается больше, чем амплитудное значение первой гармоники на том же участке цепи. Это отрицательным образом может сказаться на работоспособности отдельных устройств системы. Так одним из факторов, влияющих на качество напряжения питания, является возможный резонанс токов на участке силовой трансформатор трансформаторной подстанции (ТП) – установка компенсации реактивной мощности (УКРМ), подключенной к шинам низкого напряжения силового трансформатора. Значение гармоники, на которой может возникнуть резонанс токов, можно определить из соотношения:

$$n = \sqrt{\frac{S_{\text{тр}}}{u_{\text{кз}} Q_{\text{КРМ}}}},$$

где:  $S_{\text{тр}}$  – номинальная мощность трансформатора, кВА;  $Q_{\text{КРМ}}$  – реактивная мощность включенных ступеней УКРМ, кВАр;  $u_{\text{кз}}$  – относительное значение напряжения короткого замыкания трансформатора.

При питании электроустановок от ТП с трансформатором мощностью 1000 кВА и УКРМ, каждая секция которой составляет 60 кВА, резонанс токов может наступить при работе двух секций УКРМ на частоте 550 Гц, соответствующей 11-ой гармонике промышленной частоты. Именно эта гармоника присутствует в составе входного тока трехфазного ИБП с 12-ти полупериодным выпрямителем. При включенных секциях УКРМ амплитуда 11-ой гармоники увеличивается более чем в 2,5 раза. Коэффициент 11-ой гармоники напряжения питания при этом будет превышать 5,5 %, в то время как предельно допустимое значение этого показателя качества не должно превышать 5,2–5 %.

При пониженных мощностях силового трансформатора ТП, например 100 кВА, и одной включенной секции УКРМ резонанс токов может возникнуть на 5-ой гармонике, характерной составляющей во входном токе трехфазных ИБП с 6-ти полупериодным выпрямителем.

Для снижения риска возникновения резонансных явлений в УКРМ устанавливаются антирезонансные дроссели последовательно с конденсаторными батареями. Антирезонансные дроссели обладают большим сопротивлением на частоте высших гармоник тока и индуктивный характер сопротивления УКРМ на частоте высшей гармоники обуславливает то, что резонансный контур в цепи УКРМ – индуктивное сопротивление силового трансформатора не образуется.

Таким образом, режим работы УКРМ и выбор типа ИБП связаны с вопросами ЭМС в системе бесперебойного питания и требуют детального изучения еще на стадии проектирования системы.

Вследствие описанного выше возникает острая необходимость разработки модели системы бесперебойного питания, позволяющей питать нагрузки стабилизированным напряжением, с низким коэффициентом несинусоидальности.

В системах большой и средней мощности ИБП (от 15–20 кВА и выше) последнее время все чаще стали применяться системы с двойным преобразованием напряжения (т.н. он-лайн ИБП). Однако на мощностях 1,5–2 кВА и ниже данный принцип достижения бесперебойности электропитания является невыгодным по причине его сложности и дороговизны. Поэтому преимущество здесь остается за линейно-интерактивными ИБП, которые, в свою очередь, имеют ряд проблем [7], а именно:

1. Дискретная стабилизация напряжения за счет использования трансформатора с отводами.
2. Высокий коэффициент несинусоидальности.

Проведенный анализ современных систем регулирования и стабилизации выходного напряжения показал, что в настоящее время с целью повышения качества электроэнергии и надежности используемых устройств перспективно применение регуляторов с фазовым переключением коэффициента трансформации [8]. В таких установках плавное регулирование выходного напряжения трансформатора достигается за счет однократного, в пределах полупериода питающего напряжения, переключения коэффициента трансформации с помощью полупроводниковых коммутаторов.



Схема силовой части стабилизатора представлена на рис. 3. Трансформатор Тр1 имеет силовую обмотку с регулировочными отводами 1 и 2. В процессе регулирования нагрузка подключается или к отводу 1, что соответствует большому коэффициенту трансформации  $k_\beta = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_1 + W_2}$  или к отводу 2, что соответствует меньшему коэффициенту трансформации  $k_\alpha = \frac{W_1}{W_1 + W_2}$ . Переключение отводов происходит с помощью полупроводниковых коммутаторов К1 и К2.

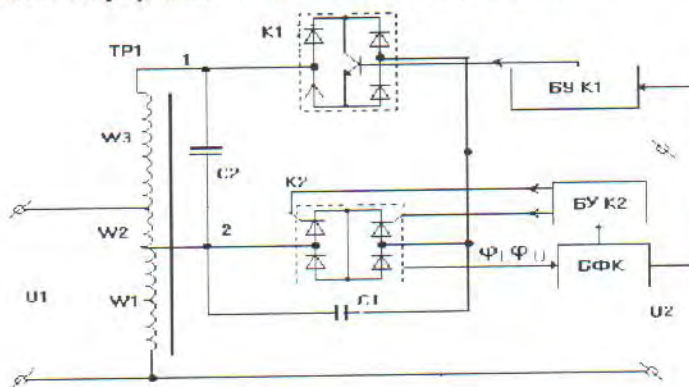


Рис. 3. Принципиальная схема регулятора переменного напряжения

К1 – это полностью управляемый транзисторный коммутатор, который включается в начале каждого полупериода, а его выключение является фазорегулируемым в пределах полупериода первичного напряжения. К2 – это тиристорный коммутатор, осуществляющий включение нижней ступени регулирования. Он выключается путем естественной коммутации при переходе тока в нем через нулевое значение. Коммутатор К2 шунтируется конденсатором С1. Включение коммутатора К2 происходит по окончании перезаряда конденсатора С1, что существенно улучшает кривую выходного напряжения.

Первичное напряжение подводится к включенным согласно обмоткам  $W_1$  и  $W_2$ .

Переключение коммутаторов К1 и К2 в процессе регулирования может осуществляться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения напряжения. В первом случае для сглаживания ступенчатого перехода в кривой выходного напряжения (рис. 4) применяются индуктивно-емкостные фильтры.

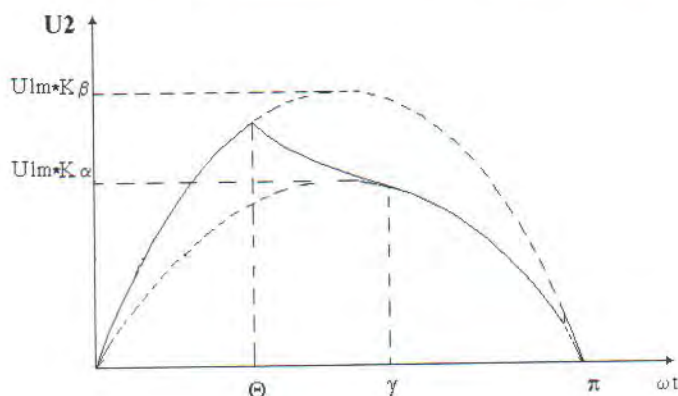


Рис. 4. Форма выходного напряжения в регуляторе с фильтрующим конденсатором

Для стабилизации выходного напряжения необходимо иметь на вторичной стороне измерительную систему, задающую угол  $\theta$  в зависимости от изменений выходного напряжения. В этом и заключается принцип стабилизации выходного напряжения трансформатора Тр1.



С применением данной системы регулирования появляется возможность получить допустимые отклонения в качестве выходных характеристик при достаточно низком коэффициенте несинусоидальности. А наличие фильтрующего конденсатора, кроме его прямого предназначения, создает на входе регулятора дополнительный емкостной ток, что приводит к генерации реактивной энергии и улучшению коэффициента мощности электрических сетей, в которых используются такого рода стабилизаторы напряжения.

При относительных значениях емкости фильтрующего конденсатора  $X_{C1} = 0,25$  и  $20\%$  диапазоне регулирования коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения не превышает  $5\%$ .

Из приведенных выше описаний следует необходимость применения системы стабилизации напряжения путем плавного изменения коэффициента трансформации.

Для определения коэффициента несинусоидальности напряжения и тока, а также для подбора емкости, шунтирующей ключ K2, была разработана модель предложенного стабилизатора напряжения.

В соответствии с ГОСТ 13109-87 коэффициент наличия высших гармоник в электросетях нашей страны не должен превышать  $5\text{--}10\%$ . Поэтому необходимо подобрать такие параметры стабилизатора, чтобы напряжение на выходе соответствовало этому условию. Важность выполнения данного ограничения заключается в специфике применения предложенного ИБП.

### Описание модели

Для создания компьютерно-математической модели, представленной на рис. 5, использовался пакет программ MatLab.

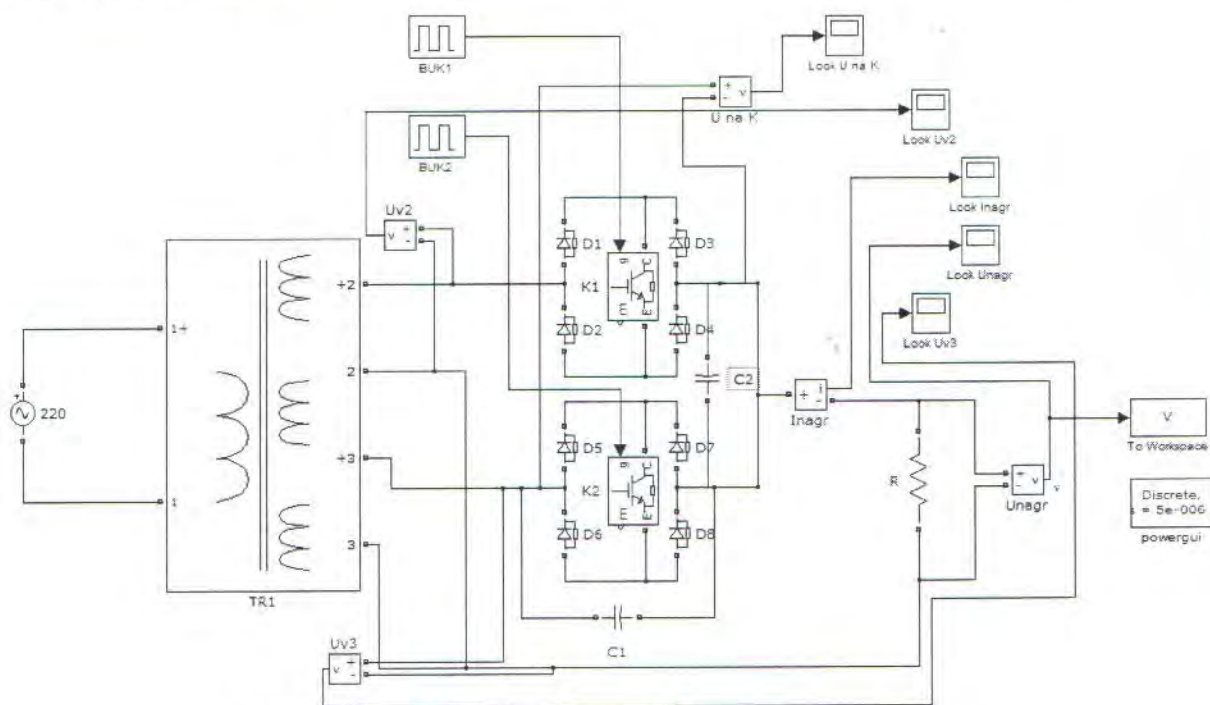


Рис. 5. Компьютерная модель стабилизации напряжения

В этой модели: TR1 – трехобмоточный трансформатор напряжения, у которого на выводы +1 и 1 подается питающее напряжение сети, с выводов +2, 2 и +3, 3 снимаются напряжения 250 В и 200 В соответственно; K1, K2 – управляемые ключи, осуществляющие подключение нагрузки к разным отводам трансформатора; BUK1, BUK2 – блоки управления ключами K1 и K2 соответственно, которые формируют управляющий сигнал, моделирующий момент включения и отключения ключей; C1 – шунтирующий конденсатор. Включение ключа K2 происходит по окончании перезаряда конденсатора C1, что существенно улучшает кривую выходного напряжения. C2 – фильтрующий конденсатор. Кроме его прямого предназначения, создает на входе регулятора дополнительный емкостной ток, что приводит к генерации реактивной энергии и улучшению коэффициента мощности электрических



сетей, в которых используются такого рода стабилизаторы напряжения.  $R$  – активная нагрузка, соответствующая номинальному режиму работы трансформатора.

Вывод форм напряжений и токов происходит на экране блоков, симулирующих осциллографы. В данной модели снимались следующие характеристики (зависимости от времени):

1. Напряжение на нагрузке (блок Look Unagr) (рис. 6).
2. Тока на нагрузке (блок Look Inagr) (рис. 7).
3. Напряжение на ключе K2 (блок Look U на K) (рис. 8).

Для учета наличия высших гармоник используется интерфейсный блок Powergui программы SIMULINK. Трансформатор исследуемого стабилизатора был рассчитан в соответствии с методикой расчета трансформаторов малой мощности.

Далее перейдем к рассмотрению получившихся характеристик, рассчитанных для номинальной нагрузки ИБП. Наилучшим вариантом времени коммутации ключей и емкости получились значения, которые будут указаны ниже.

Время отключения ключа K1 составляет 3,8 мс, ключ K2 включается в тот момент, когда шунтирующий блок конденсаторов общей емкостью  $C=95 \cdot 10^{-5}$  Ф полностью разрядится. Это произойдет через 2,4 мс и сразу коммутируется ключ K2. Как только напряжение и ток спадет до нуля, процесс повторяется.

Следует отметить, что все эти параметры были рассчитаны для выполнения условия не превышения коэффициентом несинусоидальности 5 % и поддержания на нагрузке напряжения 220 В.

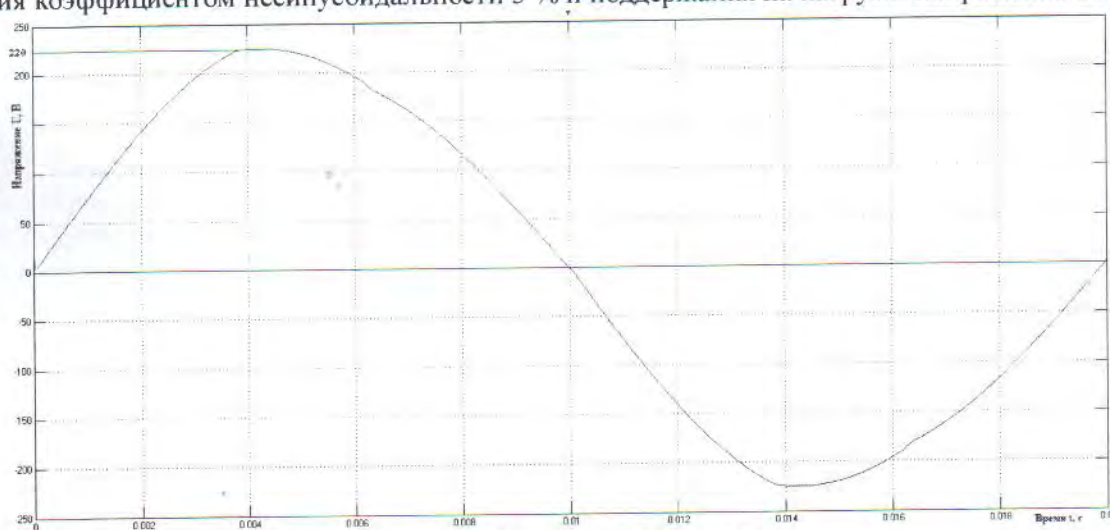


Рис. 6. Напряжение на нагрузке

На представленных осциллограммах видно, в какие моменты происходит коммутация ключей и как наличие шунтирующей емкости выравнивает переход с одной синусоиды на другую. Для примера на рис. 9 можно увидеть ту же самую характеристику, но без использования емкости.

Гармонический состав получившегося напряжения и значение коэффициента несинусоидальности представлены на рис. 10.

В случае, когда емкость и периоды коммутации ключей недостаточны, мы имеем повышение наличия высших гармоник, что существенно сказывается на виде кривой напряжения. Так же это приводит к недопустимому увеличению помех и потерь, а значит, надежность и качество системы бесперебойного питания в целом падает. Для сравнения ниже можно увидеть график напряжения (рис. 11) и гармонический анализ для неудовлетворительного случая и недостаточных параметров схемы (рис. 12):



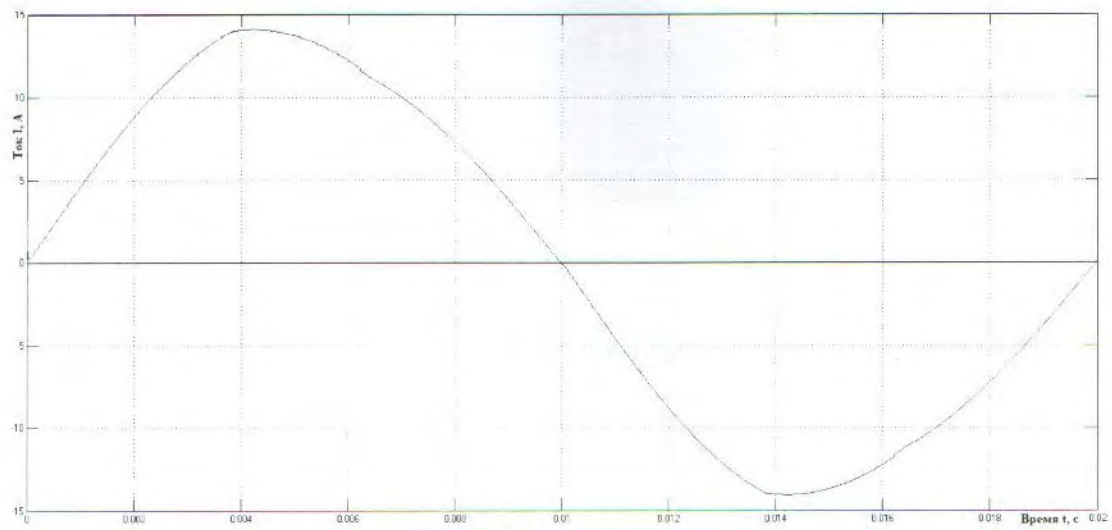


Рис. 7. Ток на нагрузке

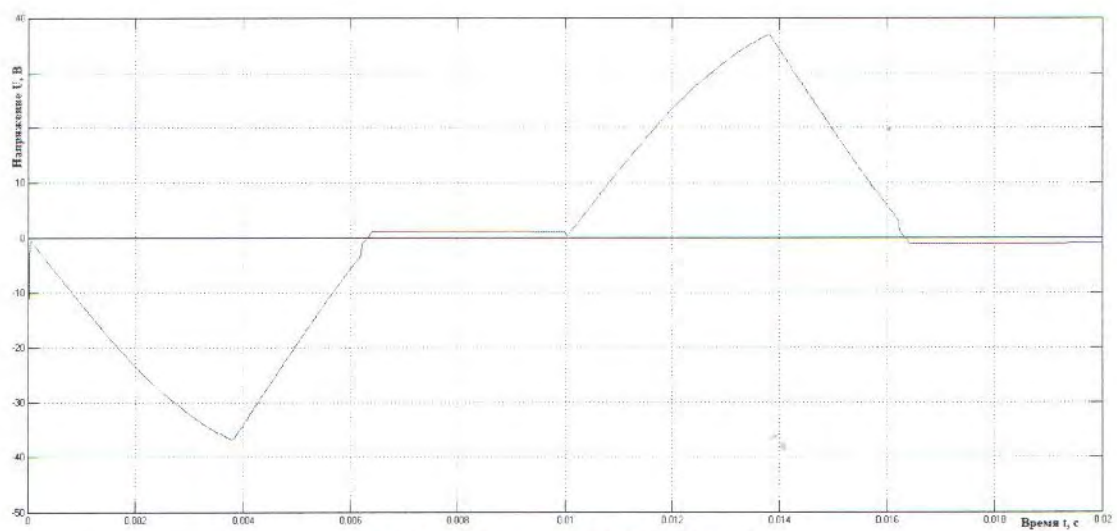


Рис. 8. Напряжение на ключе K2

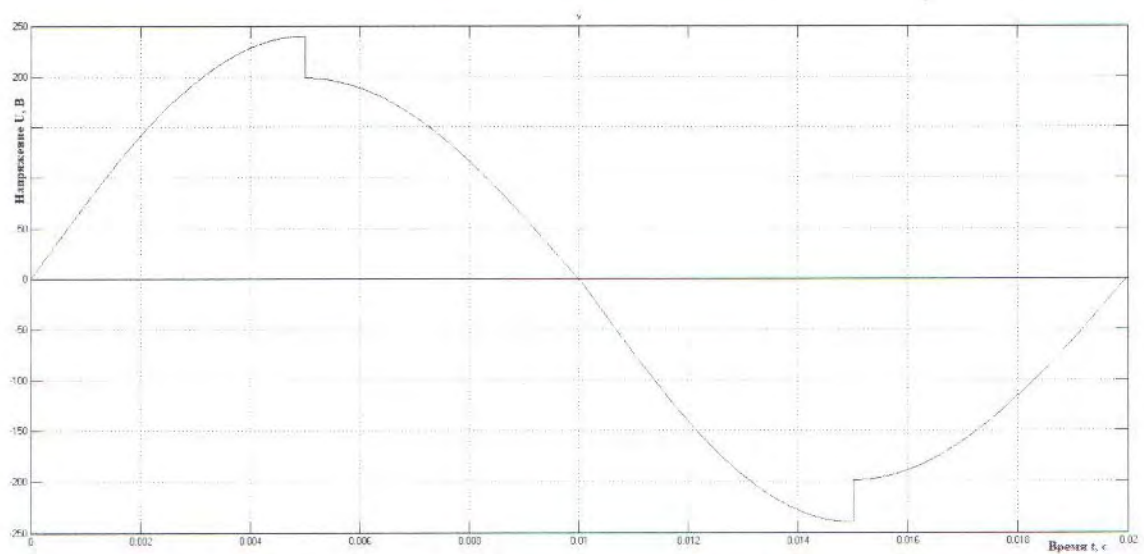


Рис. 9. Напряжения на нагрузке без использования емкости



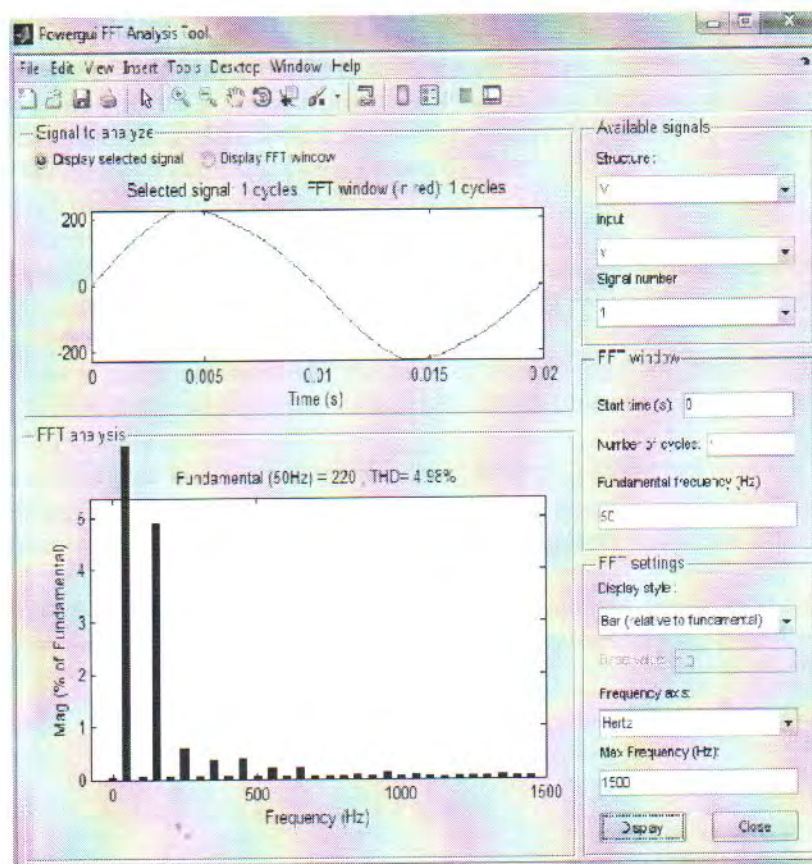


Рис. 10. Гармонический состав напряжения на нагрузке

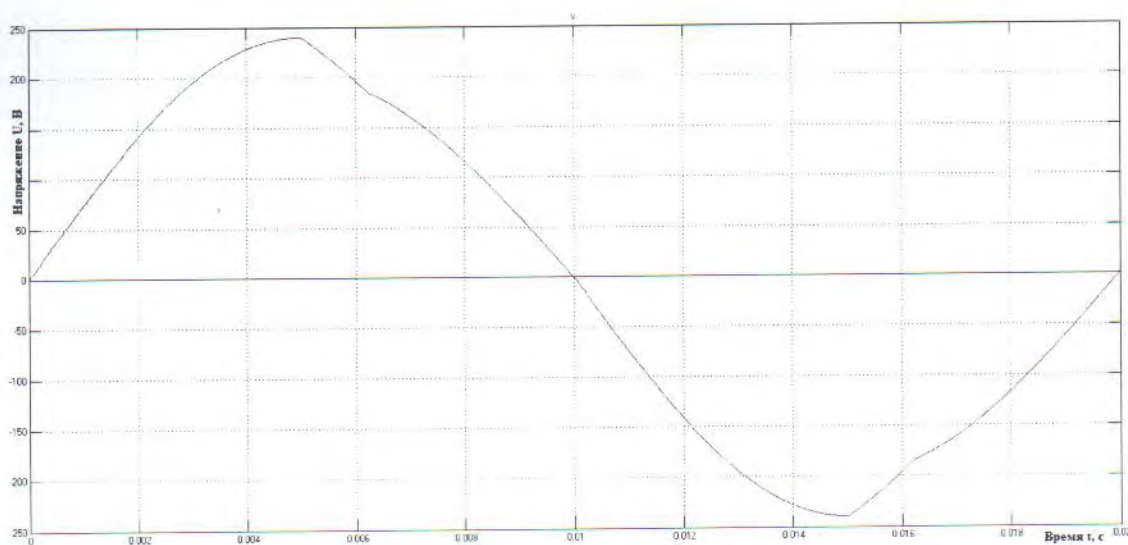


Рис. 11. Напряжение на нагрузке

Таким образом, в данной структуре регулятора за счет минимального числа коммутаторов и однократного за период питающего напряжения переключения коммутаторов было обеспечено более высокое качество выходного напряжения, что в свою очередь не сильно повлияло на сложность системы в целом. Следует отметить, что в данной структуре реализуется плавность регулирования с точностью 1–2 %. При применении данного способа регулирования в трехфазном варианте качественные показатели формы выходного напряжения (уровень напряжения и коэффициент несинусоидальности) улучшаются по сравнению с однофазным вариантом за счет исключения третьих гармоник в линейных напряжениях.



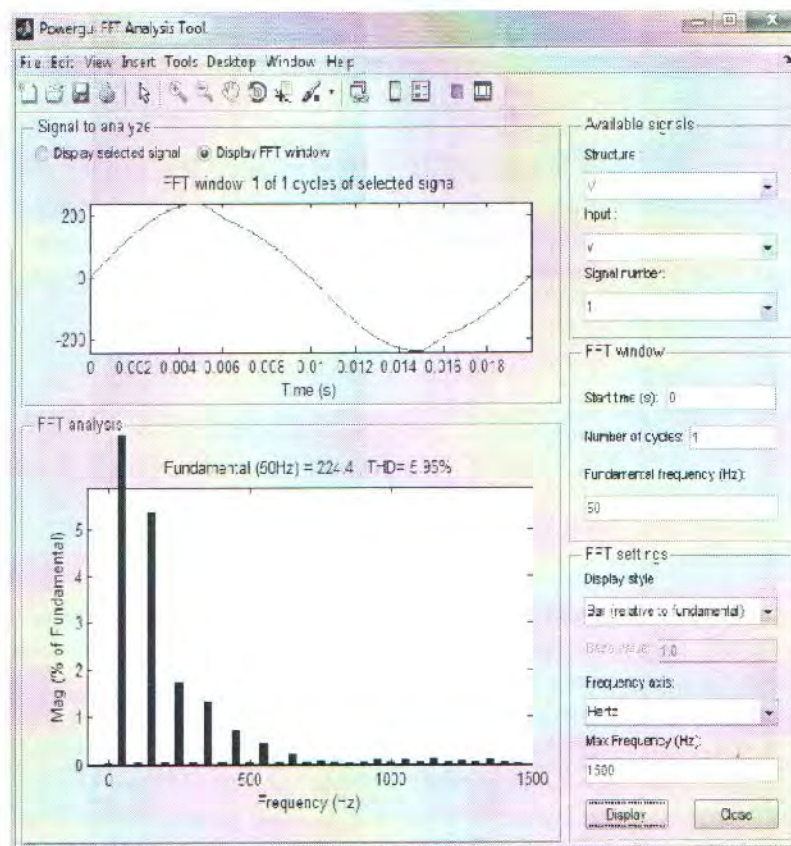


Рис. 12. Гармонический состав напряжения на нагрузке

### Список литературы

1. Иванов И.А., Увайсов С.У. Информационная модель процесса проектирования контролепригодных радиоэлектронных средств. – Информационные технологии. – 2011. – № 12. – С. 41–45.
2. Увайсов С.У., Увайсов Р.И., Иванов И.А. Обеспечение контролепригодности радиоэлектронных средств в рамках CALS-технологий. – Качество. Инновации. Образование. – 2011. – № 1(68). – С. 43–46.
3. Иванов И.А., Увайсов С.У., Увайсов Р.И. Вибродиагностика блоков радиоэлектронных средств./ Надежность и качество: труды Международного симпозиума: в 2-х т./ под ред. Н.К. Юркова. – Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2009. – С.75–77.
4. Иванов И. А. Формирование списка диагностируемых электрорадиоэлементов при заданном значении полноты проверки./ Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: Материалы международной научно-практической конференции. / Под ред., С.У. Увайсова – М.: МИЭМ, 2010. – С. 239–241.
5. Сулейманов С.П., Увайсов С.У., Увайсов Р.И., Иванов И.А. Программный комплекс DiaTerm мониторинга качества печатных узлов. – Качество и ИПИ (CALS)-технологии. – 2006. – № 1. – С. 38.
6. Иванов О.А., Коробков С.А., Высшие гармоники в системах бесперебойного питания./ Надежность и качество: труды Международного симпозиума. – Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2011. – С. 396–397.
7. Иванов О.А., Коробков С.А. Особенности современных типов источников бесперебойного питания./ Инновационные информационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции./ Под ред. С.У. Увайсова – М.: МИЭМ, 2013. – С. 151–153.
8. Иванов О.А., Коробков С.А., Надежность и качество регулирования напряжения в статических преобразователях./ Надежность и качество: труды Международного симпозиума. – Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2010. – С. 372–374.



Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (МИЭМ НИУ ВШЭ)

Статья поступила 14.03.2013.

В данной научной работе использованы результаты проекта «Разработка методологии автоматизированного надежностного проектирования электронных средств дистанционного мониторинга распределенных систем», выполненного в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2013 году.

Goldberg O.D., Uvaysov S.U., Ivanov I.A., Ivanov O.A.

#### Quality assurance performance ups under interference caused by non-linear loads

The article describes the main challenges and problems associated with the presence of higher harmonics and voltage UPS systems and suggest ways to suppress them to provide the required EMC. Presents a model of the voltage regulator, which is part of the UPS where the voltage regulation is due to the smooth variation transformation ratio.

#### UPS, voltage regulation, higher harmonics, power circuit

МАМИ,

Moscow Institute of Electronics and Mathematics, National Research University Higher School of Economics (MIEM NRU HSE)

## Новая книга

УДК 621.396

Сухоруков С.А. Электромагнитная совместимость: сверхмощные электромагнитные воздействия / С.А. Сухоруков – Калуга, 2013. – 448 с., ил. ISBN 978-5-8125-1881-3

Описание электрического взрыва кровли здания, шаровых молний и других явлений атмосферного электричества, возникших во время грозы летом 2012 года в г. Калуге на предприятии ЗАО «ЭМСОТЕХ». Что общего между электрическим взрывом кровли здания, катастрофами на Чернобыльской АЭС и на Саяно-Шушенской ГЭС, взрывами на электростанциях США и России, Сасовской воронкой, Тунгусским метеоритом, Челябинским метеоритом? Как работал «усиливающий передатчик» Н. Теслы, мог ли он вызывать электрические взрывы на расстоянии? Могут ли его современные аналоги вызывать электрические взрывы и другие сверхмощные электромагнитные воздействия на расстоянии?

На предприятии ЗАО «ЭМСОТЕХ», которое возглавляет автор книги, во время грозы произошло уникальное природное явление, которое сопровождалось взрывом кровли здания. Записи события с нескольких видеокамер и анализ разрушений позволили сделать вывод об электрической природе взрыва. Эти результаты потребовали внесения существенных изменений в существующие модели атмосферного электричества, связанные с образованием линейных и шаровых молний. Предпринята попытка доказать, что электрическим взрывом были вызваны катастрофы на Чернобыльской АЭС и на Саяно-Шушенской ГЭС, аварии на электростанциях США и России.

Этим же явлением можно объяснить Сасовский взрыв, а также взрывы Тунгусского и Челябинского метеоритов. Раскрыт секрет работы «усиливающего передатчика» Н. Теслы и показано, как можно было с его помощью вызвать электрический взрыв, известный нам как Тунгусская катастрофа 1908 года. Высказывается гипотеза о возможном применении для подобных целей современных сверхмощных радиоэлектронных устройств. Рассматривается ряд явлений, в которых выделялась избыточная энергия от электрических эффектов, подобных электрическим взрывам. Необходимо вносить существенные изменения в принципы защиты критических объектов, работу которых могут нарушить сверхмощные электромагнитные воздействия.

Книга адресована широкому кругу читателей: она может быть интересна специалистам в области грозозащиты, электромагнитной совместимости, экспертам, расследующим катастрофы, инженерам-электрикам и студентам, обучающимся по данным направлениям, а также всем тем, кого интересуют новые идеи в различных областях науки и техники.