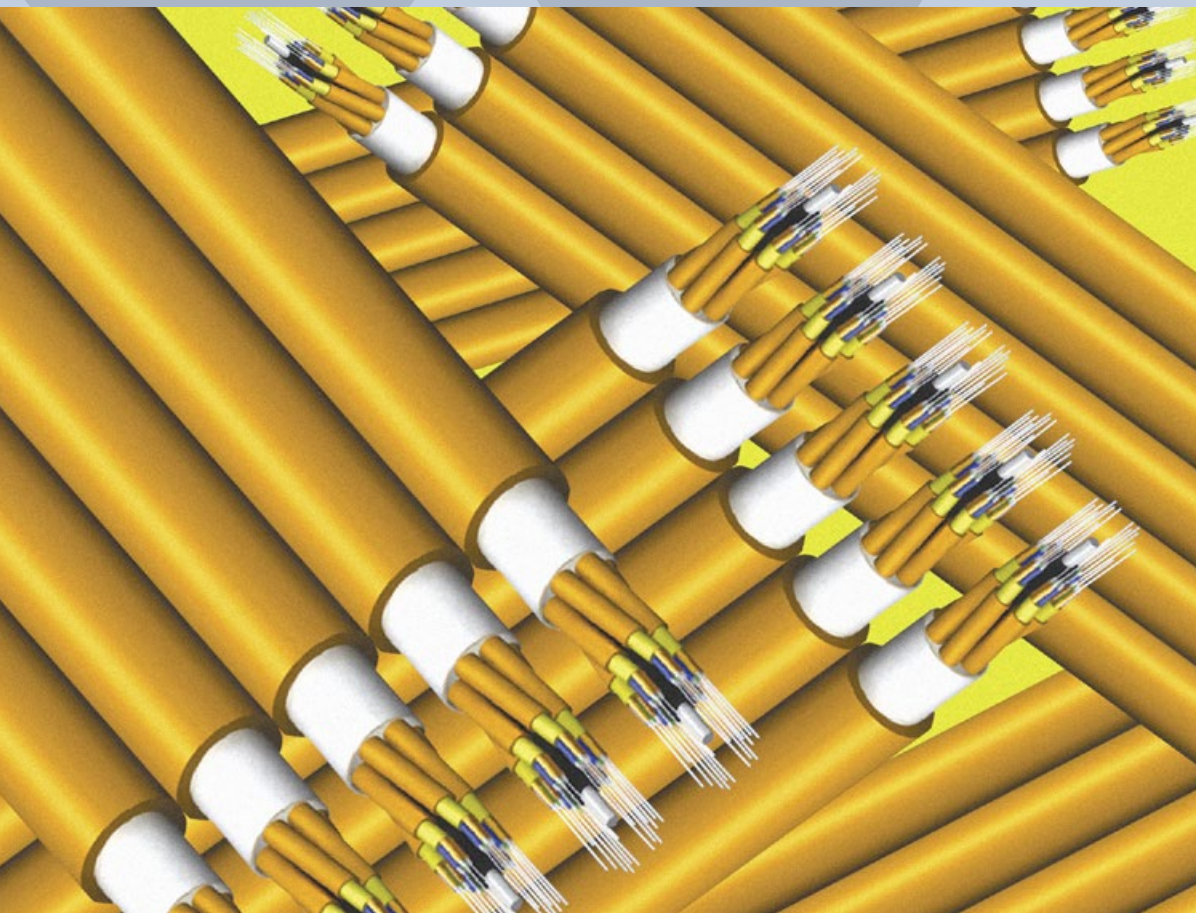


ЭнергоStyle

Наполним жизнь энергией!

№ 2 (54) июнь 2021



Энергоэффективность эффективна?

Нормативы по молниезащите — перезагрузить!

(Не) срочный ремонт изоляторов

Метаморфозы: оптический кабель самонесущий

В РАМКАХ X ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕЖДУНАРОДНОГО ГАЗОВОГО ФОРУМА

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА



XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

X МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС



Энергосбережение и энергоэффективность.

IT ТЕХНОЛОГИИ. ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ. ЭКОЛОГИЯ



5-8
ОКТАБРЯ
2021

Санкт-Петербург

Организатор



Тел.: +7 (812) 718-35-37; st@farexpo.ru www.farexpo.ru

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Санкт-Петербург, конгрессно-выставочный центр «ЭКСПОФОРУМ»,
павильон G ГАЗПРОМБАНК, Петербургское шоссе, 64/1

Генеральный
информационный
партнер

ЭНЕРГЕТИКА
И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
РОССИИ

Содержание

- | | |
|---------|--|
| 3 стр. | News |
| 6 стр. | Актуально
Эффективна ли программа энергоэффективности? |
| 10 стр. | Зеленая энергетика
Российский демонстрационный испытательный центр возобновляемых источников энергии |
| 14 стр. | Нормативы
Российские нормативы по молниезащите — прогресс или деградация? |
| 20 стр. | Взгляд в будущее
Электроэнергетика будущего: инверторные технологии и постоянный ток |
| 30 стр. | Защита
Птицезащитные устройства на воздушных линиях |
| 34 стр. | Исследования
Новый взгляд |
| 36 стр. | Точка зрения
Рынок заказчика и посредники |
| 38 стр. | Практика
Правильный расчет |
| 44 стр. | Метаморфозы
Фотосессия. Оптический кабель самонесущий |
| 52 стр. | Электроистории
Электротехник Попов |
| 58 стр. | Что. Где. Когда
Мир энергетики в экспозиции |
| 60 стр. | Культпросвет
Экспансия компьютера |



ЭнергоStyle

июнь 2021, № 2 (54)

Учредитель:

ООО «УРАЛПРОМ ПЛЮС»

Издатель:

ООО «УРАЛПРОМ ПЛЮС»

Адрес издателя:

620062, Екатеринбург, ул. Генеральская, 7, оф. 513
тел./факс: (343) 375-87-87, 375-88-06, 375-88-09

Главный редактор:

Мария В. Лупанова
m.lupanova@locus.ru

Корректор:

Полина Рожкова

Фото:

Евгений Ланкин

Дизайн, верстка:

Олеся Акулова
akulova_oa@mail.ru

Предпечатная подготовка:

Виталий Носкевич

Авторы:

Эдуард Блохин, Андрей Восканян, Абрек-Заур Джендубаев,
Эдуард Джендубаев, Юлия Жилкина, Александр Журавлёв,
Артем Камынин, Юрий Кононов, Андрей Кудрявцев, Евгений Ляпунов,
Татьяна Мосунова, Владимир Паршуков, Лев Полетаев,
Лариса Романова, Алексей Ротанов, Антон Рыжков, Илья Смирнов

Адрес редакции:

620062, Екатеринбург, ул. Генеральская, 7, оф. 412
тел./факс: (343) 375-87-87, 375-88-06, 375-88-09

Информация о журнале на www.locus.ru/zhurnal-energostyle/

Отпечатано:

ООО «Типография»
620043, г. Екатеринбург, ул. Репина, д. 78, пом. 1
тел. +7 (343) 287-03-52

Периодичность выхода: 1 раз в три месяца

Тираж: 2000 экз.

Дата выхода в свет 10.06.2021

Распространяется бесплатно 16+



Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-49255

от 04 апреля 2012 г. выдано Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Перепечатка и цитирование материалов издания возможны только
с письменного разрешения редакции. Ссылка на журнал «ЭнергоStyle»
обязательна. За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет. Мнение авторов может не совпадать
с точкой зрения редакции. Журнал распространяется по всей
территории России.



Щедрая на аномальное тепло весна, буйное цветение в мае всего и сразу (от сирени до клубники) в регионах, где никогда такого не было, а также несбывшаяся примета про цветущую черемуху, стали приятным потрясением. А тут еще единственный раз в году как никогда близко к Земле подошла Луна, и низко повисла на ночном небе между домами огромным желтым диском, как живая декорация. Ощущение, что природа, будто извиняясь за прошлый год вынужденной самоизоляции в стенах своих домов, решила нас утешить разными диковинами. Удалось! Вообще, когда человека окружает живая красота, она дает возможность отвлечься от забот, набраться душевных сил для плодотворного и спокойного решения вопросов. Понятно, что созерцание деревьев сирени или яблони, от верхушки до земли усыпанных цветами и источающих нежный аромат, само по себе не решит проблем энергосбережения и повышения энергоэффективности в экономической сфере. И от залиvistых трелей птичьего хора в десятки разных голосов российские нормативы по молниезащите не придут в соответствие с современными достижениями науки о природе молнии. Как и невероятные закаты, отражаясь в реках и прудах, не выведут сами на глади воды расчет допустимых нагрузок на опоры ВЛ при подвесе дополнительных элементов (например, ОКЧН). Но если чаще обращать внимание на чудо природы, есть надежда, что все мы станем более чуткими не только к ней, но и друг к другу. А человек в гармонии с собой и миром работает гораздо продуктивнее. Прекрасного лета!

Мария Лупанова, главный редактор



Ветропарки «растут»

ПАО «Энел Россия» с 1 мая 2021 года получило право на ввод в коммерческую эксплуатацию своего первого ветропарка в России, расположенного в Азове (Ростовская область), установленной мощностью 90 МВт. Право продажи электроэнергии и мощности на ОРЭМ было предоставлено после получения соответствующего уведомления со стороны Администратора торговой системы оптового рынка электроэнергии (АО «АТС»). Азовская ВЭС сможет вырабатывать порядка 320 ГВт·ч в год, избегая при этом выброса около 260 тыс. т углекислого газа в атмосферу. Ветропарк оснащен 26 турбинами и расположен на территории общей площадью 133 гектара.

Помимо Азовской ВЭС ПАО «Энел Россия» реализует еще два проекта: Родниковская ВЭС (71 МВт) в Ставропольском крае и Кольская ВЭС (201 МВт) в Мурманской области. На северную стройплощадку уже доставлено основное оборудование (16 комплектов гондол, башен и лопастей), что позволит начать монтаж 57 ветроустановок, которыми будет оснащен самый крупный ветропарк в России за Полярным кругом. Кольская ВЭС расположится на территории общей площадью 257 гектаров и сможет вырабатывать порядка 750 ГВт·ч в год, избегая при этом выброса около 600 тыс. т углекислого газа в атмосферу.

Общий объем инвестиций компании в три ветропарка составит порядка 495 млн евро, что подчеркивает четкое стремление «Энел Россия» внести свой вклад в выполнение Целей Устойчивого развития ООН, в том числе ЦУР 12 — Ответственное потребление и производство и ЦУР 13 — Борьба с изменением климата.

Решение для автоматизации расчета

НПП «СпецТек» и компания «Философия.ИТ» (входит в Лигу Цифровой Экономики) разработали решение для автоматизации расчета индекса технического состояния оборудования и готовности к отопительному сезону, ориентированное на предприятия энергетики. На вычислительной платформе реализованы обязательные к применению методики Министерства энергетики РФ, определяющие порядок расчета интегральных показателей деятельности субъектов электроэнергетики и порядок подготовки ими отчетности.

Создана многофункциональная платформа для распределенного сбора данных с использованием мобильных и веб-технологий, которая ориентирована на предприятия энергетики с распределенной структурой (филиалы, электростанции, районы электрических сетей и т. д.). Посредством мобильных терминалов работники могут вводить параметры технического состояния оборудования, которые затем будут использоваться для автоматического расчета ИТС, вероятности и риска отказа. Также с ее помощью осуществляется сбор значений показателей готовности к отопительному сезону для автоматического расчета ИГОС. Результаты расчетов передаются на верхние уровни управления компанией.

Для руководителей эта платформа станет источником актуальной информации о состоянии оборудования и готовности объектов к отопительному сезону. Инструменты визуализации и анализа повысят оперативность управленческих решений. В частности, модуль аналитики позволяет выявлять функциональные узлы, группы оборудования, объекты (электростанции) и параметры, повлиявшие на снижение ИТС. Решение поможет анализировать распределение объектов по уровням готовности, ранжировать объекты и филиалы по величине ИГОС, выявлять условия и показатели готовности, в наибольшей степени повлиявшие на понижение ИГОС.

Решение дает компаниям инструмент автоматизированного расчета ИТС и ИГОС, а также расчета и прогнозирования вероятности и технического риска отказа функционального узла/единицы оборудования. Немаловажной является возможность оперативного перерасчета ИТС, ИГОС и риска отказа при изменениях первичных параметров, а также возможность настройки модели расчета при изменениях нормативной базы. Решение апробировано и внедрено в одном из крупных российских энергохолдингов.

Передовые технологии автоматизации

26 мая 2021 года в Челябинске состоялась II Специализированная конференция «Передовые Технологии Автоматизации. ПТА — Челябинск — 2021». Тематические разделы конференции охватили наиболее актуальные для цифровой экономики направления:

- промышленная автоматизация: программное обеспечение, оборудование и решения;
- развитие промышленной автоматизации в концепции Industry 4.0;
- искусственный интеллект, машинное обучение и внедрение роботизированных технологий;
- промышленный интернет вещей, облачные технологии и большие данные для решения задач управления производством;
- информационная безопасность на промышленных объектах.

Открыла программу конференции презентация компании «Феникс Контакт РУС» на тему «Промышленные сети передачи данных», где было рассказано о современных трендах в построении надежных промышленных систем передачи данных и технических решениях одного из мировых лидеров в производстве современных коммуникационных систем, компании Phoenix Contact.

Спонсор конференции ПАО «МегаФон» сделал доклад на тему «Цифровое производство на единой технологической сети», раскрыв тренды построения промышленных систем передачи данных, услуги на базе технологических сетей стандарта LTE, отраслевые задачи и примеры сервисов для их решения.

Компания Rittal представила HeiSys — новый промышленный ПК компании HEITEC, который обеспечил работоспособность в широком диапазоне температур от -40 до +85 °C и сертифицирован согласно EN 50 155 (железнодорожный транспорт). HeiSys идеально подходит в качестве бортового компьютера, приложений беспроводной связи, мониторинга датчиков и высокопроизводительной обработки с подключением функций ИИ.

В рамках доклада AdvantiX было рассказано о фокусных решениях для реализации концепции интернета вещей, применения систем машинного обучения и искусственного интеллекта, построения систем граничных вычислений, а также решения для критической информационной инфраструктуры (КИИ). Представитель компании рассказал об опыте использования техники AdvantiX, которая находит применение в разных отраслях: железнодорожный транспорт, атомная энергетика, нефтедобыча и транспортировка топлива и материалов и др.

Главная организация по защите информации в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации ФГУП «НПП «Гамма» сделала доклад на тему «Практический опыт реализации требований ФЗ 187 на предприятиях промышленности», в котором сообщила об особенностях проведения процедуры категорирования объектов КИИ на предприятии, целесообразности создания обособленной системы мониторинга событий информационной безопасности при взаимодействии

с ГосСОПКА, а также о создании системы обеспечения информационной безопасности значимых объектов КИИ с учетом требований иных нормативных и методических документов по защите информации (ГТ, ГИС, ПДн и т.п.).

Компания из Израиля Unitronics представила передовые решения для управления и автоматизации: начиная от микро-PLC + HMI для управления простым оборудованием, до высокопроизводительных многофункциональных контроллеров с богатым ассортиментом встроенных и удаленных модулей ввода/вывода и различными вариантами коммуникаций, в том числе с поддержкой стратегии «Индустрия 4.0». Акцент был сделан на едином интегрированном решении PLC и HMI для управления и автоматизации, которое применяется в различных отраслях промышленности.

Важной частью конференции стал обзор новейших источников питания TDK-Lambda для различных производств и построения систем электропитания для промышленного использования.

В докладе компании Apacer подробно рассказали о новейших технологиях и решениях, применяемых в новых линейках SSD-накопителей, в том числе 3D NAND технология, передовые методы защиты от несанкционированного взлома.

В ходе презентации компании ПРОСОФТ были представлены системы видеонаблюдения для специализированных задач, рассказано об основных видах камер и их особенностях. Помимо этого, рассмотрены примеры применений и программное обеспечение для управления камерами.

В рамках мероприятия свои новейшие разработки и решения представили и другие ведущие игроки отрасли. Во время кофе-брейков у слушателей была возможность ознакомиться с новинками компаний в демонстрационной зоне и напрямую пообщаться с экспертами. Приятным завершением конференции стал розыгрыш ценных призов, предоставленных участниками и спонсорами.



Международный промышленный форум
«РАДИОЭЛЕКТРОНИКА.ПРИБОРОСТРОЕНИЕ.АВТОМАТИЗАЦИЯ»



АВТОМАТИЗАЦИЯ

XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

21–24 сентября 2021
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • ЭКСПОФОРУМ



Проектирование
продукта/процесса



Услуги, связанные
с производственным
оборудованием



Управление
и контроль
производственной
системы



Цифровые
технологии



Производственные
операции



Организация
работы

ПРОХОДИТ СОВМЕСТНО С ВЫСТАВКОЙ
«РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

automation-expo.ru

radel@farexpo.ru

(812) 718-35-37

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



Эффективна ли программа энергоэффективности?

Александр Журавлёв, советник директора Ассоциации СРО «БалтЭнергоЭффект», доктор технических наук, профессор, Почетный энергетик

В настоящее время практически все страны мира (включая и не самые богатые, и неразвитые технологически) занимаются решением проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности в различных сферах экономики. На основании анализа государственных докладов Минэкономразвития России по данной тематике рассмотрим, насколько эффективна программа энергоэффективности в нашей стране.

В России (в определенный исторический период) эта проблема была крайне актуальной, что диктовалось необходимостью снижения стоимости единицы производимого ВВП, превышающую аналогичную стоимость в 2,5–4 раза в развитых странах. В связи с этим в течение ряда лет принимались направленные на решение стоящей проблемы законодательные и нормативные документы. Закон «Об энергосбережении» (1996 г.) впервые определил регулирование отношений, возникающих в процессе деятельности в области энергосбережения, в целях создания экономических и организационных условий для эффективного использования энергетических ресурсов, обозначил направления деятельности по снижению энергопотребления.

На определенном этапе начала 2000-х годов это сыграло положительную роль (рис. 1). На основании таких оптимистичных данных (ежегодное снижение энергоемкости ВВП 3–8 % в год) можно было, экстраполируя полученные результаты, спрогнозировать дальнейшее снижение этого показателя, от которого зависит экономика любого государства.

По сути, на основании этих благоприятных статистических прогнозов был подготовлен Указ Президента РФ от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики», узловым пунктом которого являлось снижение к 2020

году энергоемкости ВВП не менее чем на 40 % по сравнению с 2007 годом. Но затем что-то пошло не так (см. рис. 2).

И это несмотря на то, что вслед за Указом Президента вступил в силу Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в котором предписывались требования по энергоэффективности товаров, зданий, строений сооружений, проведению энергетических обследований, программам по энергосбережению и др.

По данным Минэкономразвития России за весь период с момента опубликования Указа к 2020 году энергоемкость ВВП снизилась всего на 12 % вместо предписанных 40 %. При таких темпах динамики достичь желаемого результата удастся лишь к 2043 году.

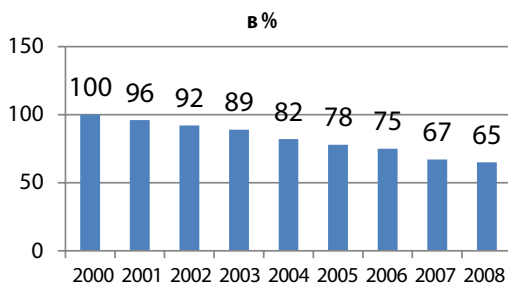


Рис. 1. Снижение энергоемкости ВВП в 2000–2008 гг. [1]

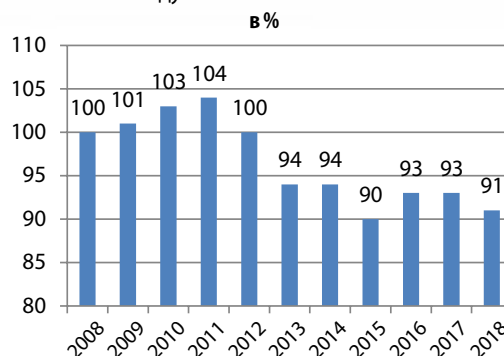


Рис. 2. Изменение энергоемкости ВВП в 2008–2018 гг. [1]

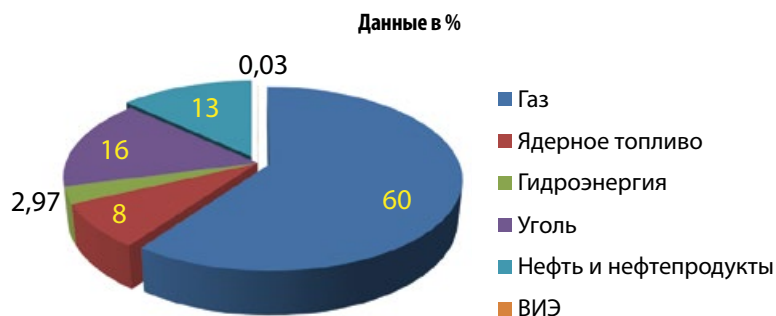


Рис. 3. Структура потребления первичной энергии в 2018 году [2]

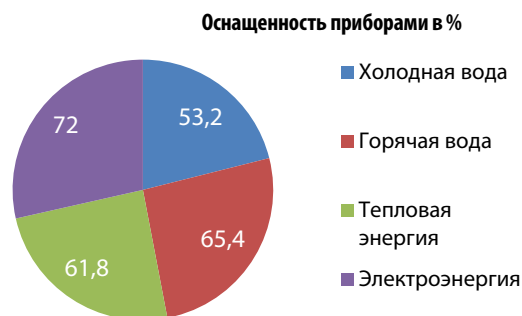


Рис. 4. Оснащенность приборами учета многоквартирных домов

Причины отставания по программам энергосбережения и повышения энергетической эффективности

Произошедшие отставания можно объяснить комплексом причин, повлиявших на ситуацию в целом.

Во-первых, причины организационного характера, среди которых отмечается неумение региональных руководителей грамотно составить программы по энергосбережению в субъектах РФ и в муниципальных образованиях. Некоторые субъекты РФ вообще не выполнили в срок разработку программ. Кроме составления программ необходимо было еще и контролировать ход их выполнения, что также зачастую не делалось. Так, в 16 регионах России программы по энергосбережению не финансировались, а в 6 регионах мероприятия по энергосбережению не были предусмотрены.

Во-вторых, практически к нулевому результату был приведен энергоаудит: в соответствии с последними поправками к закону 261-ФЗ он стал добровольным, а по сути, не обязательным. В итоге, у предприятий, госучреждений, ресурсоснабжающих организаций и других потребителей не было ни ясного понимания по потенциалу энергосбережения, ни программы по экономии энергоресурсов и повышению энергоэффективности.

В-третьих, проектируемые и строящиеся дома, строения и сооружения не всегда соответствуют повышенным нормативным требованиям по энергоэффективности.

В-четвертых, практически не используются новые энергоэффективные технологии и возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Структура потребления энергии от первичных источников

Данные по структуре потребления первичной энергии за последние 5 лет практически не менялись (изменения наблюдались в пределах 1–2 %). На рис. 3 представлена диаграмма потребления энергоресурсов в 2018 году.

Как следует из анализа диаграммы, доля ВИЭ абсолютно незначительна (0,03 %), тогда как в европейских странах наблюдается тенденция к резкому росту этих источников. Так, по итогам 2019 года ветроэнергетика произвела 13,5 % электроэнергии в Европе, газовые теплоэлектростанции — 22 %, АЭС — 26 %, солнечная энергетика — 4 %. Причем инвестиции в энергию ветра растут быстрыми темпами, особенно с учетом строительства ветрогенерации в офшорных зонах. Одновременно в странах ЕС снизились выбросы парниковых газов за 13 лет на 17 % и на 23 % с 1990 года.

В России в 2019 году за счет мероприятий энергоэффективности и энергосбережения было достигнуто снижение парниковых выбросов в 21,5 млн т CO₂-экв. Данный результат составляет примерно 1 % от годового объема парниковых выбросов в Российской Федерации (без учета землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства). Однако два сектора экономики увеличили антропогенное воздействие, где был зафиксирован рост потребления ТЭР за счет технологического фактора: «Добывающая промышленность» (+9,3 млн т CO₂-экв.) и «Теплоснабжение» (+4,8 млн т CO₂-экв.).

Обеспокоенность специалистов вызывает тот факт, что в районах Сибири и Дальнего Востока многие тепловые электростанции и котельные работают на угле, причем на устаревшем оборудовании с низким КПД и большим выбросом загрязняющих веществ и вредных газов (окислов азота и серы). Этот фактор неблагоприятно влияет на экологию регионов.

Проблемы учета энергетических ресурсов

В соответствии с требованием Федерального закона 261-ФЗ все потребители энергоресурсов должны были установить приборы учета энергии и воды до 2012 года (по газу — до 2017 года). Уровень оснащения многоквартирных домов общедомовыми приборами учета (доля от общего числа) представлен на рис. 4, показатели взяты из анализа Минэкономразвития России на основе данных Росстата.

Более чем в трети (29) регионов Российской Федерации уровень оснащения МКД общедомовыми приборами учета холодной воды находится в пределах 40–60 % (рис. 4). Аналогичные показатели и по другим составляющим, кроме учета электроэнергии. Оснащенность приборами учета энергии и воды на уровне выше 80 % продемонстрировали только 9 регионов.

Необходимо отметить, что сама по себе установка прибора учета к энергосбережению не приводит. Но в том случае, когда собственник ведет учет расходов энергии и воды, он начинает использовать режимы в сутках для работы бытовой техники, применять энергосберегающие и регулирующие системы и приборы. Кроме того, управляющей компании (ТСЖ) значительно проще выяснять у ресурсоснабжающей компании объемы потребления энергоресурсов и воды, а собственникам жилья — устанавливать корректность платежей за коммунальные услуги. В целом все это ведет к разумному и экономному расходованию энергоресурсов и воды.



Положительные сдвиги

В электроэнергетике можно наблюдать наибольшие положительные результаты, которые произошли за счет структурных сдвигов, технологического фактора и экономической активности.

Повышение эффективности использования топлива генерирующим оборудованием электростанций при производстве электрической энергии (за исключением дизельных электростанций — ДЭС) обеспечило 80 % роста энергоэффективности сектора в 2019 г. [1]. Это достигнуто за счет:

- эффективности использования топлива при генерации электрической энергии;
- снижения потерь электроэнергии при передаче по электрическим сетям;
- снижения расхода электроэнергии на собственные нужды.

Разработка и производство новых эффективных источников генерации электроэнергии

В 2018 году АО «Русские электродвигатели» (совместное предприятие АО «Транснефть» и АО «КОНАР») завершило строительство завода по производству инновационных электродвигателей насосных агрегатов для транспортировки нефти и нефтепродуктов. В рамках проекта был реализован трансфер технологий с привлечением итальянской компании Nides ASI S.p.A. Стоимость реализации проекта составила 15,1 млрд рублей.

В Ульяновске на площадке завода «Аэрокомпозит» состоялось открытие первой очереди завода по производству композитных лопастей ветроэнергетических установок фирмы «Vestas». (Датская компания Vestas является ведущим мировым производителем ветроэнергетических установок (ВЭУ) с годовым объемом заказов в мировом масштабе примерно 10 ГВт). Задачей по организации такого предприятия является локализация в РФ производства композитных лопастей для ветряных турбин единичной мощностью

3,6 МВт. Это серьезные, весьма эффективные машины для материковой ветроэнергетики, в действующем мировом флоте средняя мощность одного ветрогенератора не превышает 2 МВт. Таких ветротурбин в нашей стране еще не было. Есть в России и другие заводы по производству ветроэлектростанций меньшей мощности.

Одним из основных направлений повышения энергетической эффективности светотехники является замена ламп накаливания и галогенных ламп на светодиодные. Последние отличаются более долгим сроком службы и в несколько раз меньше потребляют электроэнергию по сравнению с «традиционными» лампами. Доля светодиодных светильников, установленных в субъектах Российской Федерации, выросла с 29,16 % в 2018 году до 38,15 % в 2019 году [1]. Соотношение различных видов светильников в России представлено на диаграмме (рис. 5).

Соотношение в %

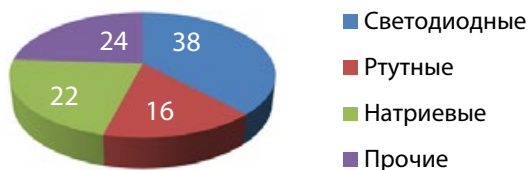


Рис. 5. Соотношение светильников различных типов в России [1]

Анализ диаграммы показывает, что доля энергоэффективных светильников пока еще невелика (чуть больше 1/3), так как под прочими следует понимать лампы накаливания и т.п. Ртутные лампы во многих случаях эксплуатируются на муниципальных и межмуниципальных трассах. Они потребляют значительное количество электроэнергии, неэффективны в эксплуатации и, зачастую, не освещают дороги, что ведет к повышению аварийности в темное время суток.

Вывод

Проблема энергосбережения и повышения энергоэффективности в экономической сфере России является комплексной, и одним годом она не решается. При любых обстоятельствах в каждом субъекте Российской Федерации должны действовать программы по энергосбережению, так как хорошие хозяйственники знают, где есть неиспользованный потенциал. Было бы логично возродить систему обязательного энергетического обследования предприятий и учреждений, что позволило бы более четко определить необоснованные энергозатраты и возможную экономию при реализации энергосберегающих мероприятий.

ЭС

Источники

1. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации. // Министерство экономического развития Российской Федерации. Москва. 2020 год. 113 с.
2. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации. // Министерство экономического развития Российской Федерации. Москва. 2019 год. 85 с.

XXVIII специализированная выставка



2021

НЕФТЬ И ГАЗ

Топливо-энергетический комплекс

21-23
сентября



АО «Тюменская ярмарка»

Адрес: Россия, 625013,

г. Тюмень, ул. Севастопольская, 12, Выставочный зал

телефакс: (3452) 48-55-56, 48-66-99, 48-53-33;

e-mail: tyumfair@gmail.com. www.expo72.ru



Проект Испытательного центра ВИЭ в пос. Рассвет (Ростовская обл.)

Российский демонстрационный ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Печатается с разрешения журнала «Энергосбережение» № 2, 2021

https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7773

Владимир Паршуков, директор ростовского филиала ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики РФ;
Эдуард Блохин, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика и фотоника» ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова;
Антон Рыжков, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ООО НПП «Донские технологии»

Одной из важных задач при производстве и внедрении оборудования, применяемого в системах, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ), является необходимость проведения независимых испытаний и сертификации. Без признаваемых международных сертификатов невозможен вывод выпускаемой продукции на внешние рынки и затруднен выход на внутренний рынок. Это обстоятельство во многом сдерживает использование ВИЭ. В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют испытательные центры, которые признаются на международном уровне. Для проведения сертификационных испытаний отечественные производители электротехнического оборудования, используемого в системах с ВИЭ, вынуждены тратить значительные средства. По заданию Минэнерго России ростовским филиалом Российского энергетического агентства (РЭА) разрабатывается проект демонстрационного испытательного центра в области ВИЭ (ДИЦ ВИЭ).

В настоящее время мировая энергетика переживает смену технологического уклада. Достижения науки и активная разработка новых технологий сделали возможным эффективное использование ВИЭ для производства электроэнергии. Большинство развитых стран ставят своей целью в перспективе полностью отказаться от производства электроэнергии, основанного на сжигании ископаемого топлива, и перейти к зеленой генерации. Это позволяет решить сразу целый комплекс проблем, в том числе снизить энергетическую зависимость от импорта энергоресурсов и обеспечить снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

Имеющиеся в России испытательные центры электросетевого и электротехнического оборудования не связаны в единую систему и не координируют свою работу. В настоящее время наиболее крупными являются пять специализированных испытательных центров: НТЦ ФСК ЕЭС, ФГУП ВЭИ, НИИВА, НИИПТ, ВНИИ КП. Также отдельные виды испытаний в исследовательских целях проводят лаборатории вузов и научных организаций.

В интересах собственного производства работают заводские испытательные лаборатории.

Одной из проблем системы проведения испытаний является отсутствие единого подхода, методов и способов испытаний, признанных всеми участниками рынка, в том числе на международном уровне. Существуют проблемы с независимостью принятых решений, достоверностью и коммерческой ангажированностью результатов испытаний. Решение этих проблем возможно с помощью создания ассоциации испытательных центров с координацией деятельности из единого испытательного центра и перехода на единые стандарты и методы проведения испытаний, основанные на международных стандартах.

Эффективность объединения испытательных центров в общую систему подтверждается опытом зарубежных стран, обладающих передовыми технологическими решениями. Такие объединения в виде национальных ассоциаций существуют в Германии (PEHLA), Франции (ESEF), Северной Америке (STLNA), Великобритании (ASTA) и странах Скандинавии (SATS). Более 50 % рынка испытаний выполняют десять крупнейших испытательных центров. Они были созданы при участии государства или корпораций. Крупнейшие из них, KEMA и CESI, контролируют 70 % европейского рынка. Их результаты испытаний и сертификат STL признаются во всех странах. Россия занимает на рынке испытаний Европы долю менее 5 %.

Отдельно взятому испытательному центру или лаборатории невозможно интегрироваться в международную ассоциацию испытательных центров с целью признания их протоколов испытаний на международном уровне. В 2014 году в России принято решение создать Национальную ассоциацию испытательных центров (НАИЦ), которая стала бы платформой для объединения испытательных центров и лабораторий с целью исполнения всеми единых требований и норм испытаний и сертификации электротехнического оборудования, а также представляла бы их интересы на зарубежных рынках. Инициатором НАИЦ выступает Федеральный испытательный центр (ФИЦ) ПАО «Россети».

Российский демонстрационный испытательный центр в области ВИЭ

Последние 15 лет идет активное развитие технологий, использующих ВИЭ для производства и распределения электроэнергии. Прогресс, достигнутый в производстве фотоэлектрических панелей, ветроэнергетики, силовых полупроводниковых приборов, накопителей энергии, микропроцессорной техники, требует квалифицированной оценки качества продукции, соответствия международным нормам по надежности, экологичности и безопасности. Для продвижения отечественной продукции на мировой рынок нужен современный отечественный центр аттестации и сертификации создаваемого оборудования. По заданию Минэнерго России ростовским филиалом Российского энергетического агентства (РЭА) разрабатывается проект демонстрационного испытательного центра в области ВИЭ (ДИЦ ВИЭ).

Концептуально проект включает два этапа: на первом упор делается на демонстрацию различных технологических решений, второй этап подразумевает создание исследовательского и испытательного центра ВИЭ. В рамках реконструкции здания ростовского филиала планируется создание автономной системы энергообеспечения для обеспечения режима активного здания на протяжении всего года. Здание будет соответствовать концепции зеленого строительства с классом энергоэффективности A++.



Площадки для натурных полигонных испытаний энергетических установок на ВИЭ (ИС ВИЭ в пос. Рассвет)

Проектная документация по модернизации архитектуры и планировки здания включает следующие разделы: проектирование теплоизолированных и светопрозрачных фасадов, обеспечение норм санитарной защиты и экологической внутренней среды, энергосбережения, энергоэффективности и рационального водопользования. Будет выполнено энергетическое моделирование здания на основе BIM-технологий. Экологический менеджмент обеспечивает соблюдение государственных и международных стандартов при проектировании рабочей среды. Реконструируемое здание — ростовский филиал РЭА — располагается в центре города Ростов-на-Дону непосредственно в зеленой парковой зоне. Оно дополнит архитектурный облик этой части города и станет элементом городской среды, привлекающим внимание.

Инженерные системы

Кровля комплекса проектируется с учетом необходимости открытого размещения генерирующего оборудования, его обслуживания и безопасности нахождения персонала. Энергообеспечение будет реализовано на базе различного оборудования: солнечные электростанции, водогрейные гелиосистемы и тепловые насосы, ветроэнергетические установки, паросиловая установка на основе параболических солнечных концентраторов и микротурбины, интеллектуальная система управления генерацией и потреблением энергии (на основе машинного обучения и компьютерного моделирования).

Особое место в проекте уделяется системам вентиляции и кондиционирования. Именно они лягут в основу здорового здания и будут обеспечивать микроклимат в помещениях и комфортные условия пребывания для персонала. Системы теплого пола, различных типов отопительных приборов, рекуперации и циркуляции воздуха, индивидуального освещения и прочие устройства призваны дополнить комфорт для служащих и посетителей центра.



Проект фасада здания ростовского ЦНТИ с учетом умного проектирования здорового здания и зеленого строительства

Особое место в проекте уделяется системам вентиляции и кондиционирования. Именно они лягут в основу здорового здания и будут обеспечивать микроклимат в помещениях и комфортные условия пребывания для персонала. Системы теплого пола, различных типов отопительных приборов, рекуперации и циркуляции воздуха, индивидуального освещения и прочие устройства призваны дополнить комфорт для служащих и посетителей центра.

Система электроснабжения будет иметь возможность функционирования как в нормальном режиме (с подключением к централизованным электрическим сетям), так и в островном режиме (автономно) и обеспечивать транзит энергии в обе стороны. Общая мощность солнечной энергосистемы не должна превышать 15 кВт. Мощность ветровой генерации — до 3 кВт. Для реализации гибкости системы энергообеспечения объекта закладывается вариативность технических решений по генерации и потреблению. Например, для построения системы солнечного энергоснабжения используются панели на основе монокристаллов, поликристаллов, гетероструктур, комбинированные и гибкие панели.

Для обеспечения отопления и ГВС используются вакуумные, воздушные, плоские солнечные коллекторы, различные типы тепловых насосов, а также источник на традиционном топливе — газовый котел. Данный подход позволяет продемонстрировать и оценить работу устройств различных разработчиков и изготовителей.

Важной задачей в построении и проектировании системы энергоснабжения здания является разработка системы преобразования, коммутации и хранения накопленной электрической и тепловой энергии.

Проект формируется таким образом, чтобы была возможность замены практически всего оборудования на аналогичное, других разработчиков и поставщиков, для демонстрации его работы.

Управление системой электроснабжения

Создаваемая система представляет собой действующий образец локальной энергетической системы, в которой присутствует практически полный набор различных по своим техническим характеристикам, способам получения электрической энергии, особенностям ее выработки, преобразования и подачи в сеть устройств. При этом они все работают на одну общую шину, к которой подключены самые различные потребители со своими характеристиками и требованиями. Одна задача коммутации в такой сети и управления процессами обеспечения энергией уже достаточно сложна и является предметом отдельного исследования.

В основу работы системы интеллектуального управления закладывается уже апробированный ранее принцип доступности энергии, исходя из ее реальной стоимости в каждый конкретный момент времени. Система сама автоматически должна следить за работой каждого вида генерирующего оборудования, определять стоимость вырабатываемой энергии и подключать к локальной сети исходя из ее минимальной стоимости. Излишки энергии система передает в централизованную городскую сеть. Таким образом, на объекте отрабатывается процесс синхронизации работы автономной сети с централизованной сетью.

Помимо коммутации различных систем генерации энергии друг с другом, необходимо решить задачу обеспечения передачи данных о работоспособности и эффективности каждой подсистемы генерации на общую интеллектуальную систему управления объектом. Для этого разрабатывается специализированный программно-аппаратный комплекс интеллектуального управления обеспечением энергоснабжения. В настоящее время идет согласование технического задания на проектирование с заказчиком.

ЭС

Литература

1. Globale Trends beim weltweiten Investment in erneuerbare Energien // Galvanotechnik. 2012. V. 103. № 10. P. 2266–2269.
2. VDI veröffentlicht Statusreport 2012 Regenerative Energien in Deutschland // Euroheat and Power. 2013. V. 42. № 3. P. 8.
3. К вопросу максимального использования возобновляемых источников энергии / Ogimoto Kazuhiko // Kankyo kenkyu — Environ. Res. Quart. 2012. № 165. P. 126–133.
4. ПАО «Федеральный испытательный центр» / <https://ftc-energo.ru>.
5. Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года. — Решение Правительства РФ от 09.01.2009 № 1Р.
6. Atmospheric science data center / NASA Langley ASDC User. EDT. 2017.



ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ



КОНФЕРЕНЦИЯ

29 СЕНТЯБРЯ 2021 / ОТЕЛЬ «SHERATON НИЖНИЙ НОВГОРОД КРЕМЛЬ»

ПТА-НИЖНИЙ НОВГОРОД 2021



Промышленная
автоматизация



Цифровизация
производства



Автоматизация зданий
и инженерных систем



Искусственный
интеллект



Интернет вещей
и большие данные



Информационная
безопасность

Организатор

Экспотроника

(495) 234-22-10

WWW.PTA-EXPO.RU

Российские нормативы по молниезащите — прогресс или деградация?

Лев Полетаев, заместитель генерального директора ООО «Электра»;
Алексей Ротанов, директор по развитию ООО «Электра»

Вопрос защиты от прямых ударов молнии становится актуальнее с каждым днем. Согласно прогнозам, увеличение числа гроз (грозовой активности) связано с глобальным потеплением климата и растет на 10 % на каждый градус [1], (по другим данным — увеличивается на 12 ± 5 % на каждый градус) глобального потепления и в итоге возрастет примерно на 50 % в течение этого столетия [2].

Опасность молнии и необходимость защиты от нее известна людям с древности. Способы защиты от молнии наших предков подробно описаны И. С. Стекольниковым [3] и французским ученым Жоржем Дари [4]. Стоит отметить, что если в относительно недавние времена основной опасностью удара молнии были пожары и физические повреждения зданий, вызванные ее термическим и механическим воздействием, то развитие электронной техники и всеобщая цифровизация жизни закономерно ставят дополнительный вопрос защиты электронной аппаратуры от импульсных перенапряжений, вызванных воздействием молнии.

Согласно собранной ООО «Электра» статистике, за период с 2014 по 2020 годы в России из-за удара молнии (грозового разряда) произошло 4375 пожаров, в которых погибло 19 человек и 44 человека было травмировано. При этом по сравнению с 2019 годом, количество таких пожаров в 2020 году увеличилось на 153 (24 %) и составило 791 пожар.

Наиболее эффективным способом борьбы с прямым ударом молнии и ее вторичными проявлениями было и остается применение систем молниезащиты. Их назначение — переориентирование от защищаемого объекта и непосредственный прием прямого удара молнии, распределение и рассеяние тока молнии в земле (внешняя молниезащита в составе: молниеприемник, токоотводы и система заземления), а также предупреждение прорыва тока молнии в объект и защита от импульсных перенапряжений (внутренняя молниезащита).

Факты продолжающейся регистрации пожаров и несчастных случаев по причине удара молнии свидетельствуют как о необходимости повсеместного внедрения систем молниезащиты в законодательном порядке, так и о необходимости повышения эффективности (надежности защиты) при одновременном снижении стоимости этих систем. В силу традиции, при цитировании статей и иных научных трудов, в данной статье синонимом названия «внешняя система молниезащиты» будет являться название «молниеотвод». На сегодняшний день в России действуют три основных нормативных документа по молниезащите: РД 34.21.121 [5], РД 34.21.122-87 [6] и СО 153-34.21.122-2003 [7]. Совместное применение двух последних определено разъяснением Ростехнадзора России [8].

Немного истории

Сегодня считается, что молниеотвод более 250 лет назад в 1752 году изобрел Бенджамин Франклин. Он экспериментально доказал электрическую природу молнии и предложил способ защиты от нее с помощью заземленного металлического стержня [12]. Однако самый старый из сохранившихся в мире молниеотводов находится в России, на по-

строенной в первой половине XVIII века знаменитой Невьянской башне в городе Невьянск Свердловской области. Разные источники называют даты окончания постройки башни между 1721 и 1742 годами, то есть, как минимум за 10 лет до изобретения молниеотвода Франклином. На вершине башни расположен заземленный через каркас здания металлический шпиль с покрытым шипами металлическим шаром и расположенным чуть ниже флюгером, на котором выбит дворянский герб Демидовых [9, 10, 11].

Молниезащита в дореволюционной России

В России защитное действие молниеотводов впервые получило объяснение в «Слове о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих...» Михаила Ломоносова, который в 1753 году писал: «Такие стрелы на местах, от обращения человеческого по мере удаленных, ставить за бесполезное дело почитаю, дабы ударяющая молния больше на них, нежели на головах человеческих и на хранинах силы свои изнуряла» [13].

В XVII и XVIII веках, в период становления Российской науки, специалистами всех направлений широко использовались не только труды отечественных авторов, но и зарубежная литература, в том числе ее переводы. В 1800 году в Санкт-Петербурге вышел труд немецкого специалиста Августа Витмана (August Witzmann) с достаточно длинным названием «Краткое и ясное наставление, служащее в пользу каждого, каким образом всяк или сам собою или заказывая кузнецам, слесарям и другим металлическою работою занимающимся рукоделам, может делать с весьма небольшими издержками громовые отводы, как на строениях всякого рода, так и на башнях, пороховых магазинах и кораблях. С присовокуплением правил, как должно поступать, когда

гроза бывает близко и купно средств приводить себя в безопасность от губительных действий молнии». В этой книге автор обратился к проблеме создания специальных технических средств, которые помогают избежать удара молнии и тем самым сохранить жизнь человека. Было дано достаточно подробное описание, рисунок и чертежи молниеотвода [14, 15].

В 1859 году в Санкт-Петербурге издана уникальная книга французского ученого и политика Франсуа Араго «Гром и молния» [16]. Кроме подробного анализа множества случаев ударов молнии, в книге показаны необходимость установки и устройство молниезащиты (у Араго — «громоотводов»). В частности, указано, что «... нынешние громоотводы ... представляют (собой — прим. автора) ... длинные стержни, нарочно помещаемые на вершинах зданий и оканчивающиеся обыкновенно весьма тонкими острями. Эти особенные расположения и формы доставляют большие выгоды и преимущество». Про зоны защиты молниеотводов написано так: «обширность предохранительного действия громоотводов, помещенных на вершинах зданий, простирается (по всем направлениям) до вдвойне взятой высоты стержней над точкой их прикрепления».

Несколько позже, в статьях с одинаковым названием «Об устройстве громоотводов» 1898 и 1901 годов [17, 18] были подробно описаны основные узлы системы внешней молниезащиты — молниеприемник, токоотводы и заземлители, способы их соединения и величины сечений проводников. Здесь же были представлены переведенные на русский язык «Руководящие положения относительно устройства громоотводов», разработанные Электротехническим союзом (Elektrotechnischer Verein), Германия. Также указана необходимость периодического осмотра установленных систем молниезащиты.

Исследования и нормативы XX века

Значительный вклад в изучение защитных свойств молниеотводов внесли анализы результатов экспериментов, проведенных А. А. Акопяном (Всероссийский электротехнический институт им. В. И. Ленина, далее — ВЭИ) в 1936–1940 годах. Им определены понятия «зона защиты» — пространство, защищенное молниеотводом от попадания прямых ударов молнии и «радиус защиты» — горизонтальное расстояние от вертикальной оси молниеотвода до наиболее удаленной точки, защищенной молниеотводом. Показано, что зона защиты стержневого молниеотвода имеет форму не конуса с прямолинейной образующей, как это было принято до сих пор, а *некоторого тела вращения вокруг оси молниеотвода, образующая которого представляет дугу эллипса или параболы* [19, 20]. Приведенные в работе [20] формулы расчета радиуса защиты учитывают его зависимость не только от высоты молниеотвода, но и от высоты ориентировки лидера молнии. Дальнейшие

опыты А. А. Акопяна показали высокую эффективность применения двойных и многократных (из трех и четырех) молниеотводов: «эффективность нескольких стержневых молниеотводов, действующих совместно, превышает сумму защитных действий каждого молниеотвода, взятого в отдельности». В работе [21] приведены иллюстрации и формулы расчета зон защиты двойного и многократного молниеотводов, в том числе *разной высоты*.

Вскоре, с целью упрощения расчетных формул зон защиты, И. С. Стекольниковым [3, 22] было предложено в качестве защитной зоны одиночного стержневого молниеотвода принять *вертикальный конус с линейной образующей и углом при вершине $2\alpha = 90^\circ$* (α называется углом молниезащиты), то есть радиус окружности основания данного конуса равен высоте молниеотвода. При этом оговаривалось, что для весьма высоких (выше 50–60 м) стержневых МО, в качестве образующей конуса можно рекомендовать *для особо ответственных случаев, дугу окружности с радиусом, равным высоте МО, с центром на уровне высоты МО*. Размещать молниеотводы рекомендовалось *у выступающих частей или углов защищаемого объекта*. Также в данной работе были приведены методики расчетов двойного (в том числе разновысокого) и многократного стержневого молниеотвода. При этом было отмечено, что наиболее эффективная защита соответствует симметричному расположению молниеотводов вокруг защищаемого объекта.

Следует отметить, что верх конуса зоны защиты стержневого молниеприемника во всех выше приведенных трудах *совпадал с вершиной молниеприемника*. Впервые предположение о том, что высота конуса зоны защиты должна быть ниже вершины самого молниеприемника, было сделано в 1967 году в статье Э. М. Базеляна [23]. Он пишет: «*кажется целесообразным для молниеотводов большой высоты ($h > 60\text{--}80\text{ м}$) ограничить стандартную зону у вершины по уровню $(0,75\text{--}0,8)h$* , где защитное действие молниеотвода проявляется слабо, и *рекомендовать* такие усеченные зоны для практических расчетов. Радиус защиты усеченной зоны *совпадает со стандартным* при $h_{ог} < (0,75\text{--}0,8)h$ ».

Слабое проявление защитных свойств молниеотвода вблизи его вершины было учтено во вступивших в силу в 1970 году разработанных Энергетическим институтом им. Г. М. Кржижановского (далее — ЭНИН) нормах Госстроя СССР СН 305-69 [24], заменивших предыдущий норматив «СН 305-65. Временные указания по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений». Зона защиты стержневого молниеприемника в данном нормативе представляет собой *конус с образующей в виде ломаной линии*. В данном документе объекты разделены по категориям (от I до III) молниезащиты, в зависимости от их назначения и степени огнестойкости. Даны методики, формулы и номограммы расчета зон защиты одиночных, двойных (в том числе разновысоких) и многократных молниеотводов, а также *комбинированного* молниеотвода (представляющего собой сочетание совместно действующих стержневого и тросового молниеотводов).

Всего через 7 лет успехи российской науки о молниезащите привели к принятию разработанного ЭНИН нового норматива Госстроя СССР — СН 305-77 [25], заменившего СН 305-69. В новом документе появились зона А — надежность защиты 99,5 % и выше, а также зона Б — надежность защиты 95 % и выше. Нормативная высота молниеприемника увеличена до 150 м, по сравнению с 100 м предыдущего норматива. Новая конфигурация зоны защиты была упрощена по сравнению с СН 305-69, и представляла собой *конус с образующей в виде прямой линии*. При этом вершина конуса *расположена ниже* верхней точки молниеприемника: для зоны А — на высоте $0,85h$ и для зоны Б — на высоте $0,92h$. Понятие *комбинированного* молниеотвода и зона защиты четырехкратного молниеотвода в данном документе *отсутствуют*, несколько иначе выглядят и зоны защиты двойного молниеотвода.

Параллельно с ЭНИН, работы по изучению вопросов молниезащиты проводились также в ВЭИ. Начиная с 1972 года и по настоящее время действуют утвержденные Главтехуправлением по эксплуатации энергосистем Минэнерго СССР «Руководящие указания по расчету зон защиты стержневых и тросовых молниеотводов» РД 34.21.121 [5]. Данный норматив разработан ВЭИ (авторы: А. А. Акопян, Э. М. Базелян и другие). Несмотря на то, что данный документ, в целом, не противоречит требованиям СН 305-69, понятие зоны защиты в нем тесно связано с расчетной вероятностью прорыва молнии: «степень защищенности объекта определяется вероятностью прорыва молнии к объекту, расположенному внутри зоны защиты и не должна превышать определенную величину». Определенные данным нормативом зоны защиты стержневых молниеотводов высотой до 60 м характеризуются как «обеспечивающие достаточную надежность». При этом расчетная вероятность прорыва молнии для стержневых молниеотводов высотой более 60 м характеризуется величиной 10^{-2} , а тросовых молниеотводов — величиной 10^{-2} и 10^{-3} .

Определенные данным нормативом [5] размеры и конфигурация зоны защиты отличаются как от СН 305-69, так и от более позднего СН 305-77: зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 60 м имеет форму конуса с криволинейной образующей, вершина конуса совпадает с верхней точкой молниеприемника. Также приведены зоны защиты двойных стержневых молниеотводов, а также трех- и четырехкратных молниеотводов.

В дальнейшем, с использованием методики расчетного определения вероятности прорыва молнии к защищенному объекту, изложенной в [26], ЭНИН была разработана «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122-87 (авторы: Э. М. Базелян, А. В. Цапенко и другие) [6]. Необходимо отметить, что данный нормативный документ был согласован Госстроем СССР и, также как и [5], утвержден Главтехуправлением Минэнерго СССР в 1987 году. Данная «Инструкция ...» [6] отменяет действие норм СН 305-77, но не отменяет действие РД 34.21.121. Тем не менее, степень надежности защиты объектов от прямого удара молнии, по аналогии с СН 305-77, определена данным документом для зоны А как 99,5 % и для зоны Б как 95 %. Приведены зоны защиты молниеотводов высотой до 150 м в виде конуса с прямолинейной образующей. При этом верхняя часть конуса зоны защиты, независимо от высоты молниеотвода, находится ниже вершины молниеприемника. Для одиночных стержневых молниеотводов размеры зон защиты повторяют указанные в [25]. Также приведены зоны защиты для двойного стержневого молниеотвода, в том числе разновысотных и методики расчета зон защиты для многократного (тройного) молниеотвода.

Таким образом, нормативы РД 34.21.121-74 и РД 34.21.122-87 действовали одновременно до 2003 года, вплоть до появления разработанной также на основе вероятностной методики ЭНИН (составители — Э. М. Базелян, А. В. Цапенко и другие) «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003 [7]. Высота и конфигурация зоны защиты в данном нормативе аналогичны РД 34.21.122-87 и зависят от высоты молниеотвода с коэффициентами, определяемыми по таблице 3.4 данного норматива.

В то же время, из нового норматива [7], по неизвестным причинам, убраны действующие в течение, как минимум 16 лет [25], зоны защиты многократных молниеотводов и зоны защиты двойных молниеотводов разных высот (тросовых и стержневых). Данным нормативом, вместо зон защиты А и Б согласно РД 34.21.122-87, определены уровни защиты от прямого удара молнии от I до IV с надежностью 0,98, 0,95, 0,9 и 0,8 соответственно. Однако ниже, в таблице 3.4 и далее, приведены формулы для расчета зон защиты с надежностью 0,9, 0,99 и 0,999. Ориентировочный расчет радиуса зоны защиты для всех трех действующих на сегодняшний день нормативов [5, 6, 7] на высоте h_x равной половине высоты h одиночного стержневого молниеотвода высотой 30 м дал следующие результаты:

Нормативный документ	Значение $r_x = f(h)$	Значение $r_{x'}$
РД 34.21.121-74	$0,533 \cdot h$	16
РД 34.21.122-87*	$0,685 \cdot h$	20,6
СО 153-34.21.122-2003**	$0,398 \cdot h$	11,9

* Для зоны Б (надежность защиты 0,95).

** Для определенного РД 34.21.122-87 уровня надежности 0,95, используя таблицу 3.4 [7], радиус r_x и высоту h_x конуса зоны защиты приблизительно приемем как средние значения для надежности 0,9 и 0,99 и равными $1 \cdot h$ и $0,83 \cdot h$ соответственно.

Как показывают приведенные результаты, значения радиуса зоны защиты молниеотвода на уровне половины высоты молниеотвода различаются от максимального (по [6]) до минимального (по [7]) более чем на 42 %, что недопустимо для требуемой точности расчетов порядка единиц процентов (допустимая вероятность прорыва молнии к объекту в выше приведенном примере составляет 5 %).

Данной статьей не ставится цель поиска и обсуждений замечаний и противоречий, действующих в настоящее время в России нормативных документов по молниезащите [6] и [7]. Пылливому читателю достаточно ознакомиться с докладами видных российских ученых на эту тему на Российских конференциях по молниезащите [27, 28], а также другими статьями [29, 30]. При этом существующие российские нормативы [6] и [7] не гармонизированы с международными стандартами МЭК серии 62305 и противоречат действующим национальным стандартам ГОСТ Р МЭК той же серии.

Выводы

1. Анализ изменений в российских нормативных документах по молниезащите показывает образовавшийся застой и даже деградацию [31–34] отечественных стандартов и нормативов по молниезащите, начиная с 1987 года: несмотря на продолжающееся финансирование и успехи проводимых исследований природы молнии, полученные результаты не получают отражения в общероссийских нормативах. Конфигурации и расчетные формулы зон защиты повторяют нормативы 1977 года [25]. Более того, из современных нормативов, по непонятным причинам, удалены зоны защиты двойных разновысоких и многократных молниеотводов, хотя «переход к многократным молниеотводам обещает вполне реальную экономию капитальных вложений в молниезащиту» [35].

2. Используемые в действующих в России нормативных документах по молниезащите методики расчета зон защиты от прямых ударов молнии и разработанное на их основе программное обеспечение основаны на устаревших предпосылках и допущениях, а также результатах лабораторных экспериментов и статистике ударов молнии, полученных более 60 лет назад.

3. В действующих нормативах не учтены современные достижения мирового ученого сообщества о природе молнии, ее ориентировке,



ПАТРОНАЖ ТПИ РФ

21-24

СЕНТЯБРЯ 2021

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



FarEXPO

FE

radelexpo.ru (812) 718-35-37

взаимное влияние и конкурентное развитие входящих лидеров от объекта и молниеотвода.

4. Противоречия и разночтения в действующих общероссийских и отраслевых (ведомственных) нормах свидетельствуют о необходимости их безотлагательной переработки и создания единого нормативного документа по молниезащите, с учетом современных достижений науки о природе молнии.

5. При разработке нового норматива следует учитывать, в первую очередь, накопленный *положительный опыт и результаты* проведенных, как российскими, так и зарубежными учеными, экспериментальных (полевых) исследований способов молниезащиты [36, 37].

6. Необходимость учета множества факторов, влияющих на эффективность внешней молниезащиты конкретного объекта, потребуют разработки и применения *специального программного*

обеспечения (далее — СПО) для расчета систем молниезащиты, в особенности, для объектов сложной структуры. Новый норматив должен содержать основные принципы и типовой алгоритм проектирования систем молниезащиты, включая *примеры типовых решений* как систем молниеприемников, так и систем рассеивания тока молнии в земле, а также *типовой алгоритм* СПО и *набор тестовых задач*.

7. В соответствии с [38] молниезащита зданий и сооружений является одним из способов предупреждения пожаров. В силу этого [39], новый нормативный документ должен быть *гармонизирован* с действующими международными стандартами.

8. При этом должен быть проведен *тщательный анализ* действующих международных нормативов с учетом современных достижений мировой науки о молнии и способах молниезащиты. В качестве *негативного примера* можно привести попытки принятия в России стандарта ГОСТ Р 62305-3 «Защита от молнии. Часть 3. Физические повреждения конструкции зданий и сооружений и опасность для жизни» [40], представляющего собой перевод на русский язык устаревшего стандарта IEC 62305-3-2010 «Protection against lightning — Part 3: Physical damage to structures and life hazard» *более чем 10-летней давности*.

35

Литература

1. Price C. Thunderstorms, Lightning and Climate Change // 29th ICLP, Uppsala, Sweden. 2008. <http://www.iclp-centre.org/pdf/Invited-Lecture-1.pdf>
2. Romps D. et al Climate change. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming // Science. 2014. № 346. <https://escholarship.org/uc/item/0x75w0pj>
3. Стекольников И. С. Физика молнии и грозозащита. М.: изд-во АН СССР, 1943. 235 с.
4. Дари Ж. Электричество во всех его проявлениях, пер. Дебу К. СПб: тип. А. С. Суворина, 1903. 448 с.
5. РД 34.21.121-74 Руководящие указания по расчету зон защиты стержневых и тросовых молниеотводов. М.: ЦНТИ, 1974. 21 с. (статус «действующий» — <http://docs.cntd.ru/document/1200007495>)
6. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. М.: Энергоатомиздат, 1989. 38 с.
7. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. М.: МЭИ, 2004. 29 с.
8. Письмо Ростехнадзора России от 01.12.2004 № 10-03-04/182, <https://gostinform.ru/normativnye-dokumenty-po-energeticheskomu-nadzoru/pismo-10-03-04-182-obj47398.html>
9. «Акт государственной историко-культурной экспертизы научно-проектной документации на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия федерального значения «Наклонная башня Демидовых», расположенный по адресу: Свердловская область, г. Невьянск от 4.12.2019». https://okn.midural.ru/sites/default/files/expertiza/2019/akt-nevyanskaya_bashnya-4.12.2019.pdf
10. Молниеотвод. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Молниеотвод>
11. «Шар-молниеприемник». <https://artefact.culture.ru/subject/shar-molniepriyomnik>
12. Баранов М. И. Ретроспектива исследований в области искусственного и атмосферного электричества и молниезащиты технических объектов // Электротехника и Электромеканика. 2006. № 5. С. 5–13.
13. Капцов Н. Русские электрики XIX века // Успехи физических наук. Т. 35. № 1. 1948. С. 80–119.
14. Федотова О. Д. и др. Дидактические иллюстрации XVIII века как инструмент создания новой коммуникативной стратегии (на примере педагогических текстов по проблемам безопасности) // Интернет-журнал «Наукоедение». 2014. № 3. <https://naukovedenie.ru/PDF/83PVN314.pdf>
15. Ларионов В. П. Молниезащита. Часть 1 // Электричество. 1999. № 4. С. 53–58.
16. Араго Ф. Гром и молния (пер. Хотинский М. С.). СПб: тип. Императорской академии наук, 1859. 429 с.
17. Об устройстве громоотводов // Электричество. 1898. №№ 9–10. С. 151–152.
18. Об устройстве громоотводов // Электричество. 1901. №№ 13–16. С. 227–228.
19. Акопян А. А. Исследование защитного действия молниеотводов на моделях // Электричество. 1937. №№ 9–10. С. 20–25.
20. Акопян А. А. Защитное действие одиночного стержневого молниеотвода // Электричество. 1937. № 24. С. 11–14.
21. Акопян А. А. Защитное действие двойного и многократного стержневых молниеотводов // Электричество. 1938. № 1. С. 22–29.
22. Стекольников И. С. Молния и гром. ОГИЗ, 1947. 39 с.
23. Базелян Э. М. Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов // Электричество. 1967. № 7. С. 64–68.
24. СН 305-69 «Указания по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений», М.: Стройиздат, 1970. 33 с.
25. СН 305-77. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1978. 47 с.
26. Базелян Э. М. и др. Физические и инженерные основы молниезащиты. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 224 с.
27. V Российская конференция по молниезащите. Сборник докладов. СПб: изд-во Политехн. ун-та, 2016. 406 с.
28. VI Российская конференция по молниезащите. Сборник докладов. СПб: изд-во Политехн. ун-та, 2018. 406 с.
29. Кузнецов М. Б. Инструкция по устройству молниезащиты добавила проблем проектировщикам // Новости ЭлектроТехники. 2008. № 2. <http://news.elteh.ru/arh/2008/50/17.php>
30. Полетаев Л. И. и др. Российские нормативы по молниезащите: проблемы и перспективы // Новости ЭлектроТехники. 2020. №№ 1–2. С. 60–64.
31. Крылова И. А. Кризис российской науки в глобальном контексте // Знание. Понимание. Умение. 2009. № 1. С. 59–63.
32. Гарин И. И. Деградация российской науки. 2019. http://www.litsovet.ru/index.php/material.read?material_id=572281
33. Лебедев С. А. Кризис российской науки и пути выхода из него // Федеральный образовательный портал «ЭСМ». С. 122–129. <http://ecsocman.hse.ru/data/707/150/1217/016Lebedev.pdf>
34. Открытое письмо В. В. Путину о кризисе российской науки. <https://www.kommersant.ru/doc/3046956> и <https://www.kommersant.ru/doc/3509262>
35. Базелян Э. М. Пора отказываться от зон защиты. Расчет молниеотводов // [Электронный ресурс] <https://zandz.com/ru/biblioteka/stati/pora-otkazyvatsya-ot-zon-zashity-raschet-molnieotvodov/>
36. Куприенко В. М. Проектирование молниезащиты зданий, сооружений и энергообъектов. Совершенствование норм // Новости Электротехники, 2020. №№ 4–5. С. 52–55.
37. Гайворонский А. С. Оценка эффективности зон защиты молниеотводов по результатам численных экспериментов на модели ориентировки лидера молнии // Энергетик. 2019. № 1. С. 18–27.
38. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/
39. Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности, <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/yuridicheskim-licam/pozharnaya-bezopasnost/aktualnaya-informaciya-v-oblasti-tehnicheskogo-regulirovaniya-pozharnoy-bezopasnosti/koncepciya-garmonizacii-rossijskih-i-mezhdunarodnyh-normativnyh-dokumentov-v-oblasti-pozharnoy-bezopasnosti>
40. ГОСТ Р 62305-3 (проект, первая редакция). Защита от молнии. Часть 3. Физические повреждения конструкции зданий и сооружений и опасность для жизни. <https://www.normacs.info/projects/8544>

13–16.09.2021

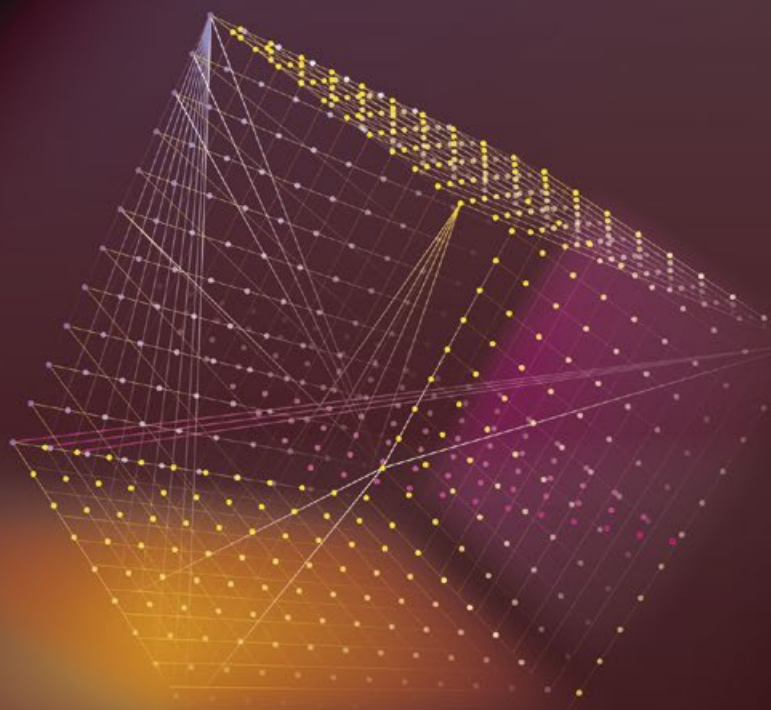
ЦВК «Экспоцентр», Москва
Павильоны 2, 8

16+

interlight
RUSSIA

intelligent building
RUSSIA

Международная выставка освещения, автоматизации зданий,
электротехники и систем безопасности



ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ
БИЛЕТ

Бесплатная регистрация
по промокоду:

IL21-YX1XI



Электроэнергетика будущего: инверторные технологии и постоянный ток

Печатается с разрешения журнала «Энергия единой сети» № 4, 2020

<https://www.xn----glcfccctdc4bhow0as6psb.xn--p1ai/publications/156-4-53-2020-g/1205-invertornye-tekhnologii-i-postoyannyj-tok>
Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 20-38-90127).

Абрек-Заур Джандубаев, доктор технических наук, Северо-Кавказская государственная академия;

Юрий Кононов, доктор технических наук, Северо-Кавказский федеральный университет;

Эдуард Джандубаев, Северо-Кавказский федеральный университет

Несомненным положительным эффектом перехода электротехнического оборудования на постоянный ток является сокращение затрат на сооружение воздушных и кабельных линий, уменьшение потерь мощности и увеличение пропускной способности. Перевод электроэнергетики на постоянный ток позволит, помимо всего прочего, снять ограничения по частоте вращения генератора и турбины.

Создание высокоэффективных биполярных транзисторов с изолированным затвором (Insulated-gate bipolar transistor, IGBT) и их использование в инверторах с широтно-импульсной модуляцией привело к качественным изменениям в области электроэнергетики и электротехники. Инверторные технологии нашли применение в электротехнических устройствах, чья мощность охватывает огромный диапазон, например, от зарядных устройств и блоков питания, мощность которых измеряется в десятках ватт, до преобразователей высоковольтных линий электропередачи (HVDC) и статических синхронных компенсаторов (STATCOM), мощность которых может измеряться в сотнях мегаватт и более.

Причины столь стремительного и широкого внедрения, естественно, скрываются в технико-экономических показателях. Однако имеются уровни напряжений, при которых инверторы не получили достойного применения. В силу этого подробнее рассмотрим диапазоны напряжений, при которых инверторные технологии пока не нашли широкого применения. Также проанализируем величину и характер напряжения и тока на входе и выходе устройств с инверторами, что позволит оценить возможность «легализации» скрытых потребителей постоянного тока путем их непосредственного подключения к выходу подстанций с конверторами постоянного тока (DC/DC), избавляя их от необходимости устанавливать индивидуальные преобразователи AC/DC. Следует отметить, что количество и мощность таких потребителей стремительно растет, а количественные изменения, как известно, рано или поздно приводят к качественным изменениям, в данном случае — к неизбежному переходу энергосистем на постоянный ток.

Высоковольтные устройства, в которых используются инверторные технологии

Известно, что большинство высоковольтных линий электропередачи постоянного тока (HVDC) используют напряжение от 100 до 800 кВ. Лидером в этой области является ультравысоковольтная линия передачи постоянного тока (UHVDC) напряжением 1100 кВ, построенная в Китае [1]. С помощью этой

линии передается 12 ГВт на расстояние 3300 км. Поскольку такие линии передают мощность в сеть переменного тока, то преобразование постоянного тока в переменный ток (DC/AC) частотой 50 (60) Гц осуществляется с помощью инвертора. Для развязки инвертора и сети часто используется групповой силовой трансформатор, состоящий из трех однофазных трансформаторов. При передаче этой линией мощности в сеть постоянного, а не переменного тока можно на порядок и более снизить массогабаритные показатели силового трансформатора, включенного между инвертором и выпрямителем. Последнее становится возможным за счет повышения, например, до 60 кГц частоты инвертора. Достоинства и недостатки высоковольтных линий постоянного тока подробно описаны в специальной литературе [см., напр., 2, 3].

Наряду с высоковольтными линиями электропередачи постоянного тока инверторы находят применение в статических синхронных компенсаторах (STATCOM), которые являются одной из разновидностей гибких систем передачи переменного тока (FACTS) и обеспечивают регулирование реактивной мощности в сетях переменного тока. Следует подчеркнуть, что в статических синхронных компенсаторах используются инверторы с широтно-импульсной модуляцией, поэтому они могут стать основой для создания подстанций с конверторами (DC/DC).

Далее перейдем к рассмотрению области, в которой работают низковольтные устройства, в основе которых также лежат инверторные технологии. Их мощность существенно меньше мощности высоковольтных устройств, но их количество, измеряемое в сотнях миллионов, впечатляет и обуславливает значительный экономический эффект, который может быть получен благодаря применению этих технологий.

Низковольтные устройства, в которых используются инверторные технологии

Наиболее часто в повседневной жизни мы используем бытовые электротехнические устройства, характеристики которых качественно изменились, а многие и появились только благодаря инверторным технологиям. К ним относятся зарядные устройства сотовых телефонов, светодиодные лампы, блоки питания различных устройств, инверторные стиральные машины, холодильники и кондиционеры. Последние три устройства имеют более высокую цену (как и все новое), но в ходе эксплуатации с лихвой окупают первоначальные капитальные затраты, что достигается за счет использования контроллера, который с помощью инвертора управляет электродвигателем, поддерживая оптимальную частоту вращения его ротора во всех режимах работы. Все это позволяет существенно снизить потери электроэнергии, а, следовательно, и эксплуатационные затраты по сравнению с аналогичными устройствами предыдущего поколения, которые в основном работали в стартопном или в лучшем случае в многоскоростном режиме.

Для оценки степени улучшения характеристик устройств сравним зарядное устройство сотового телефона с инвертором и выпрямителем (новое поколение, рис. 1 слева) с адаптером переменного тока в виде трансформатора (старое поколение, рис. 1 справа). Из рис. 1 видно, что габариты зарядного устройства сотового телефона более чем в три раза меньше габаритов адаптера. Мощности устройств составляют 10 и 7,5 Вт соответственно. При этом масса первого равна 75 г, а второго — 335 г. Таким образом, массогабаритные показатели у нового поколения существенно лучше.



Рис. 1. Зарядное устройство сотового телефона (слева) и адаптер AC/DC (справа)

Далее рассмотрим электротехнические устройства большей мощности, например, блок питания для компьютера на основе инвертора и блок питания, который использовался в телевизоре до изобретения IGBT-транзисторов и инверторов. Различия с точки зрения габаритов и массы основных трансформаторов (рис. 2) блоков питания впечатляют: первый весит 64 г, второй — 2,9 кг. Удельные массы трансформаторов при этом составляют 4,688 и 0,062 кВА/кг соответственно. Следует отметить, что в данном случае мощность трансформатора первого блока питания больше, чем второго — 300 ВА против 180 ВА. Для объяснения этих качественных изменений воспользуемся известным выражением электромагнитной мощности трансформатора [4]:

$$S_{\text{эм}} = E_2 I_2 = \frac{2\pi f W_2 \Phi_m I_2}{\sqrt{2}},$$

где f — частота; W_2 — число витков вторичной обмотки трансформатора; Φ_m — амплитудное значение магнитного потока трансформатора; I_2 — ток вторичной обмотки.



Рис. 2. Основные трансформаторы инверторного блока питания (слева) и блока питания предыдущего поколения (справа)

Из выражения (1) следует, что с увеличением частоты при неизменной электромагнитной мощности можно уменьшить магнитный поток и число витков, что будет сопровождаться улучшением массогабаритных показателей трансформатора. Таким образом, наличие инвертора в блоке питания играет ключевую роль в снижении размеров и массы его основного трансформатора, поскольку к первичной обмотке этого трансформатора подводится напряжение частотой 20–150 кГц, а не частотой 50 (60) Гц, как в случае трансформатора блока питания предыдущего поколения.

Конечно, наличие инвертора в блоке питания усложняет его конструкцию и ухудшает массогабаритные и экономические показатели (см. рис. 3). Но даже в этом случае масса платы блока питания с учетом вентилятора охлаждения составляет всего 428 г против 2,9 кг одного лишь трансформатора ТС-180–2 без платы с выпрямителем, электролитическими конденсаторами, дросселем и стабилизатором напряжения и т.д. К тому же с ростом частоты заметно улучшаются массогабаритные показатели не только трансформатора, но и LC-фильтра. Таким образом, проведенный анализ показал обоснованность «победы» блоков питания нового поколения на основе инверторных технологий с точки зрения массогабаритных показателей. Что касается экономических показателей, то их массовое производство уже ответило на этот вопрос.

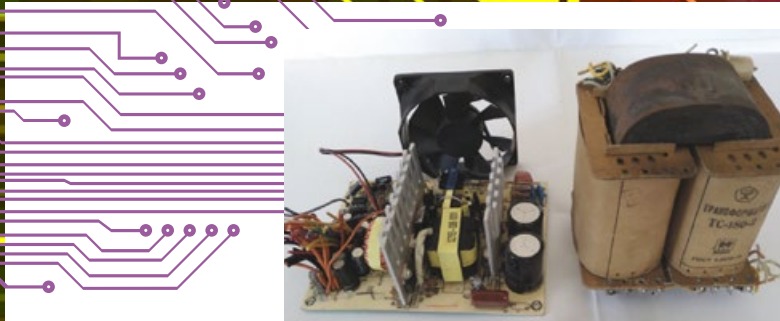


Рис. 3. Плата инверторного блока питания (слева) и трансформатор блока питания предыдущего поколения (справа)

Исходя из представленных выше данных, проведем грубую экстраполяцию массогабаритных показателей силового среднечастотного трансформатора конвертора. Для этого воспользуемся данными сухих трансформаторов мощностью 250, 1250 и 2500 кВА [5]. Рассчитаем в относительных единицах зависимость массы трансформатора от его мощности. За базисный трансформатор примем первый, указанный в табл. 1. Из этой таблицы видим, что с ростом мощности почти линейно возрастает масса трансформаторов.

Таблица 1. Мощность и масса сухих трансформаторов в именованных и относительных единицах

№	Мощность, кВА	Масса, кг	Мощность, о. е.	Масса, о. е.
1	250	800	1	1
2	1250	2500	5	3,125
3	2500	4700	10	5,9

Сделаем допущение, что такое соотношение в относительных единицах соблюдается для любого пяти- и десятикратного увеличения мощности не только низкочастотного силового трансформатора, но и среднечастотного силового трансформатора конвертора DC/DC. Например, десятикратное увеличение мощности с 0,3 до 3 кВА среднечастотного трансформатора, рассмотренного выше, будет сопровождаться следующим увеличением массы: $0,064 \times 5,9 = 0,378$ кг. Дальнейшее пятикратное увеличение мощности до 15 кВА приводит к такому результату: $0,378 \times 3,125 = 1,18$ кг. При этом удельная мощность составит $15/1,18 = 12,7$ кВА/кг. Подобный результат хорошо согласуется с данными, которые были получены в 1982 г. при разработке среднечастотного трансформатора для инверторного блока питания. При мощности 15 кВт его масса составляла 1 кг [6].

Предположим, что мощность среднечастотного трансформатора равна 300 кВА, тогда его масса составит $0,378 \times 5,9 \times 5,9 = 13,158$ кг, а удельная мощность — $300/13,158 = 22,191$ кВА/кг. Несложно заметить, что масса среднечастотного трансформатора меньше массы низкочастотного в 60,7 раза. Далее определим отношение массы платы с вентилятором к массе среднечастотного трансформатора: $428/64 = 6,69$. Сделаем допущение, что такое же отношение будет справедливо и для конвертора DC/

DC подстанции. В этом случае его масса составит $13,158 \times 6,69 = 88$ кг, что с учетом «лишних 50 кВА» в 10 раз меньше массы низкочастотного сухого трансформатора мощностью 250 кВА. Что касается экономических преимуществ конверторов DC/DC подстанций и электроэнергетики постоянного тока на их основе, то, по всей видимости, их экономическая судьба будет мало отличаться от судьбы любых инновационных устройств, в том числе инверторных, которые были описаны выше. На начальном этапе из-за неоспоримых преимуществ конверторных подстанций спрос на них будет расти, несмотря на их высокую стоимость, как следствие, будут расти масштабы производства, а в итоге будет снижаться их стоимость. Авторы осознают, что полученные результаты могут оказаться достаточно приблизительными. Естественно, что более точные результаты можно будет получить только в ходе исследований, проектирования и создания опытного образца.

Далее перейдем к инверторным устройствам, мощность которых составляет несколько киловатт. К ним относятся инверторные сварочные аппараты (ИСА), которые за короткое время вытеснили трансформаторные сварочные аппараты (ТСА) предыдущего поколения. И если в начале их стоимость была запредельной, то со временем они стали доступнее по цене и лучше по параметрам. В табл. 2 представлены паспортные данные сварочных аппаратов двух типов.

У первого сварочного аппарата трансформатор подключается к инвертору с широтно-импульсной модуляцией, а у второго — непосредственно к сети 50 Гц. Как видно из табл. 2, при одинаковом сварочном токе все показатели у ИСА лучше, чем у ТСА. Он в 7,6 раза легче, а его объем, исходя из габаритов, в 7,1 раза меньше, чем у ТСА. Сравнение коэффициентов мощности также не в пользу ТСА. Высокий коэффициент мощности ИСА объясняется наличием у него корректора коэффициента мощности (PFC), который позволяет ему работать в слабых сетях при напряжениях от 177 до 265 В, т. е. при напряжениях 220 ± 20 %. Стандартный ИСА не обладает такими характеристиками. Следует отметить и то, что токи холостого хода у ИСА существенно меньше, чем у ТСА. Возможно, конвертор DC/DC подстанции будет обладать такими же возможностями, как ИСА. Несмотря на неоспоримые достоинства, перечисленные выше, главным достоинством ИСА являются его статические и динамические характеристики, позволяющие проводить высококачественную сварку даже начинающему сварщику. Естественно, что эти характеристики формируются контроллером, который управляет инвертором сварочного аппарата. На рис. 3 представлены внешние характеристики двух ИСА и известная характеристика сварочной дуги. Один из них стандартный, а другой с корректором коэффициента мощности (PFC). Данные характеристики были получены экспериментально.

Таблица 2. Паспортные данные сварочных аппаратов

Технические характеристики	Названия	
	Инверторный Start 200 PFC	Трансформаторный ТДМ-205
Сварочный ток, А	200	200
ПВ, %	60	40
КПД, %	88	58
$\cos \varphi$	0,99	>0,7
Масса, кг	4,5	34
Габариты, мм	360'114'220	340'350'540

25-28.05

2021

УФА
ВАНХЭКСПО

ОРГАНИЗАТОРЫ



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
ЭНЕРГЕТИКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

ТРАДИЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ РФ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

СОДЕЙСТВИЕ



СОЮЗ
НЕФТЕГАЗОПРОМЫШЛЕННИКОВ
РОССИИ



РОССИЙСКИЙ
СОЮЗ
ХИМИКОВ



АССОЦИАЦИЯ
НЕФТЕПЕРЕРАБОТЧИКОВ
И НЕФТЕХИМИКОВ РОССИИ



НОЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
АССОЦИАЦИЯ
ОРУЖЕОБОРОТСТРОИТЕЛЕЙ



СПГ
РОССИЙСКОЕ АССОЦИАЦИОННОЕ
СООБЩЕСТВО ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СПГ



НАЦИОНАЛЬНАЯ
АССОЦИАЦИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
НЕФТЕГАЗОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ



Российский нефтегазохимический форум



ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ

29-я специализированная выставка



Геофизическое
направление



Инновации
газовой отрасли



Нефтяное
направление



Газомоторное
топливо



Химия.
Нефтехимия



СПГ: производство,
транспорт, распределение



Сервисное
направление



IT-технологии в нефтегазовой
отрасли, цифровизация



МЕРОПРИЯТИЯ ПРОВОДЯТСЯ С УЧЕТОМ ВСЕХ ТРЕБОВАНИЙ РОСПОТРЕБНАДЗОРА

По вопросам выставки

Бронь стенда www.gntexpo.ru
+7 (347) 246-41-77 gasoil@bvkexpo.ru

По вопросам форума

Регистрация на форум www.gntforum.ru
+7 (347) 246-42-81 kongress@bvkexpo.ru



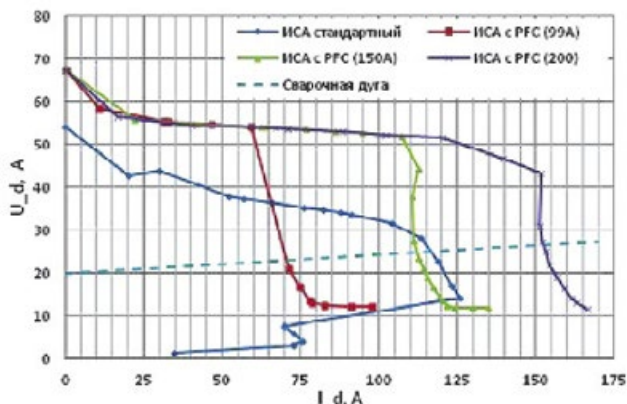


Рис. 4. Характеристики инверторных сварочных аппаратов (ИСА) и характеристика сварочной дуги (пунктирная линия)
 Обозначения: U_d и I_d — соответственно выпрямленное напряжение и ток, PFC (Power Factor Correction) — корректор коэффициента мощности

Наличие контроллера в ИСА позволяет формировать внешние характеристики любой формы. Начальный участок внешних характеристик мягкий, потом идет более жесткий, а рабочий участок очень мягкий, почти источник тока. В профессиональных ИСА есть возможность самостоятельно формировать внешние характеристики, наряду с этим имеются многочисленные функции, автоматически вступающие в действие и улучшающие процесс и качество сварки. Частью этих функций обладают и бюджетные ИСА, например, стандартный ИСА, представленный в работе, имеет функцию «ANTI STICK» (антизалипание), благодаря которой производится автоматическое снижение сварочного тока при залипании электрода и возвращение в нормальное состояние после устранения этой проблемы (см. рис. 4). Возможность конвертора DC/DC подстанции формировать внешнюю характеристику позволяет ему не только иметь жесткую внешнюю характеристику, но и ограничивать токи перегрузки [7].

Известно, что ТСА плохо работают при значительных изменениях входного напряжения, не предоставляют возможность изменять форму внешней характеристики, кроме жесткости, а также не обладают встроенными функциями. Причем этот ТСА подключается к сети переменного тока и осуществляет сварку на переменном токе, т. е. ведет себя как силовой трансформатор подстанции переменного тока, только он не имеет устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Таким образом, можно утверждать, что преимущества подстанций с конверторами постоянного тока (DC/DC) над существующими трансформаторными подстанциями переменного тока будут находиться в такой же пропорции, что и достоинства инверторных сварочных аппаратов над трансформаторными.

Использование инверторных технологий при среднем уровне напряжений

Следует отметить, что инверторные технологии активно используются при преобразовании не только постоянного тока в переменный (DC/AC), но и переменного тока в переменный (AC/AC) с возможностью изменения величины напряжения и частоты на выходе устройства. Поскольку они разрабатывались для развязки сетей среднего и низкого напряжений и замены обычных силовых трансформаторов 10/0,4 кВ, то получили различные названия, в большинстве которых присутствует слово трансформатор. В этот процесс внесли свой вклад как авторы изобретений и публикаций, так и разработчики конверторов переменного тока (AC/AC). Часть этих названий представлена в табл. 3.

Наиболее часто в литературе встречается название «полупроводниковый трансформатор» и сокращение SST. Наличие двух инверторов в этих устройствах обеспечивает полный контроль над напряжением на выходе и током, а, следовательно, и контроль над потоком активной и реактивной энергии. В силу этого SST рассматривается как ключевой

элемент умных сетей [9]. Как и в конвертере постоянного тока, так и в полупроводниковом трансформаторе (SST) используется среднечастотный трансформатор. Причем конвертор постоянного тока (DC/DC) имеет существенное преимущество над полупроводниковым трансформатором, т. е. конвертором AC/AC: в первом конвертере используются восемь транзисторов (4 транзистора для инвертора и 4 транзистора для выпрямителя) и один среднечастотный трансформатор, а во втором — 16 (4 транзистора для выпрямителя № 1, 4 транзистора для инвертора № 1, аналогично для выпрямителя № 2 и инвертора № 2) в случае однофазного варианта и 48 транзисторов и три трансформатора при трехфазном исполнении [10]. Таким образом, он обладает более простой и надежной системой управления.

Конверторы DC/DC позволяют управлять потоком электроэнергии, как и полупроводниковый трансформатор (SST), поэтому их можно использовать в гибких передающих системах постоянного тока (FDCTS) точно так же, как используются SST в гибких передающих системах переменного тока (FACTS) [11]. Таким образом, полупроводниковый трансформатор переменного тока может стать хорошей основой для создания конверторов постоянного тока, которые могут быть легко адаптированы под существующую систему управления SST. В настоящее время ведутся довольно интенсивные исследования и разработки по оптимизации материалов магнитопровода, а также по конструкции основных трансформаторов конверторов, в том числе и для Smart Grid [8, 10, 12]. Наряду с этим ведущие электротехнические фирмы, такие как ABB и General Electric, уже создали конверторы среднего напряжения [13]. Кстати, библиография работы Дж. В. Колара [13] насчитывает 76 публикаций, которые посвящены инверторам и областям, в которых они используются.

Таблица 3. Синонимы словосочетания «конвертор переменного тока (AC/AC)»

№	Названия	Источник
1.	Electronic Transformer (1968)	Электронный трансформатор
2.	Solid-State Transformer (SST, 1980)	Полупроводниковый трансформатор
3.	Intelligent Universal Transformer (IUTTM)	Интеллектуальный универсальный трансформатор
4.	Power Electronics Transformer (PET)	Силовой электронный трансформатор
5.	Electronic power transformer (EPT)	Электронный силовой трансформатор
6.	Energy Control Center (ECC)	Центр управления энергией
7.	Energy Router	Энергетический маршрутизатор
8.	Smart Transformer	Умный трансформатор

Переход от трехфазной системы переменного тока к системе постоянного тока позволяет снизить и стоимость сооружения ЛЭП, и потери в ней. Так, при одинаковых передаваемых мощностях, сечениях и допустимых напряжениях ($\pm U_d = \sqrt{2}U_{AB}$) потери в биполярных линиях постоянного тока будут меньше на 25 % при использовании всего двух проводов (или жил кабеля) вместо трех [13].

«Скрытые электроприемники» постоянного тока

Все устройства с инверторными преобразователями являются скрытыми потребителями постоянного тока, потому что они в большинстве своем подключаются к сетям переменного тока. При этом напряжение и ток выпрямляются, фильтруются и подводятся к инвертору. Мощность и количество таких устройств неуклонно растут. И первые «ласточки», которые свидетельствуют о необходимости перехода на постоянный ток, — это центры обработки данных, в которых 380 В (AC) переменного тока однократно преобразуются в напряжение 380 В (DC) постоянного тока, к которому подключаются серверы и остальное оборудование [14]. В подобных центрах с целью повышения надежности электроснабжения устанавливают аккумуляторные батареи, а не блоки бесперебойного питания, что сокращает на одну ступень количество преобразований тока. Таким образом, использование постоянного тока позволяет повысить энергоэффективность, надежность и упрощает обслуживание центра.

На Западе существует альянс EMerge Alliance, являющийся лидером по продвижению постоянного тока. Этот альянс разработал стандарт для подобных центров и работает над тем, чтобы использовать те же технологические платформы беспроводного управления, которые применяются в Smart Grid, что в будущем позволит данным центрам интегрироваться с подобными сетями. В альянс входят более 90 организаций, в том числе ABB, General Electric и IEEE [15]. Повышенное внимание к центрам обработки информации вполне объяснимо, поскольку их количество и доля в мировом потреблении электроэнергии неуклонно возрастает в связи с революционным развитием информационных и телекоммуникационных технологий, облачных вычислений и т. д.

К «скрытым электроприемникам» постоянного тока можно отнести многочисленные управляемые электроприводы. Причем в них на смену системе «инверторный преобразователь частоты + асинхронный двигатель» пришла более эффективная система в виде вентильного двигателя, который представляет собой совокупность транзисторного коммутатора (инвертора) и синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) [16]. Поскольку все нерегулируемые приводы, в которых еще используются асинхронные двигатели, постепенно заменяют-

ся регулируемыми ввиду их большей эффективности, то это тоже способствует популяризации подстанций с конверторами постоянного тока (DC/DC).

Известно, что значительная часть экологических проблем связана с эксплуатацией автомобилей, в которых используются двигатели внутреннего сгорания. Это вынудило правительства многих стран принимать различные меры по замене автомобилей на электромобили, в которых также используются инверторные технологии и аккумуляторы постоянного тока [17, 18]. Массовый переход на электромобили приведет к неминусемому росту потребителей постоянного тока. Следует отметить, что, кроме электромобилей, готовятся в ближайшие годы выйти на рынок беспилотные воздушные такси (аэротакси, квадрокоптеры для перевозки людей), в которых также используются инверторные технологии и аккумуляторы [19–21]. Это, в свою очередь, потребует изменения электроэнергетической инфраструктуры.

Однако создание зарядных станций переменного тока внутри городов, по всей видимости, является неэффективным решением, потому что на зарядку аккумулятора затрачивается намного больше времени, чем на заправку бака бензином. Наилучший вариант и для владельца, и для энергетики — это размещение розеток для зарядки аккумуляторов во всех удобных местах, например на стенах жилого дома, причем количество розеток не должно быть меньше количества квартир. Выигрыш владельцев электромобилей очевиден: во-первых, все под рукой, пока он спит, аккумулятор заряжается, во-вторых, у дома в аварийных режимах появляется «блок бесперебойного питания». Это выгодно и для энергетиков, поскольку аккумуляторы многочисленных электромобилей являются отличными накопителями энергии для уменьшения пиков нагрузки.

Рано или поздно встанет вопрос о строительстве новых подстанций. Если рассматривать вариант с подстанциями переменного тока, то в городской черте это будет достаточно сложно ввиду ограниченных возможностей по выделению новых территорий и прокладки новых коммуникаций. Решение напрашивается само собой — это демонтаж оборудования старых подстанций и размещение на их месте оборудования компактных и в разы более мощных подстанций с конверторами (DC/DC). При этом глубокий ввод от других высоковольтных подстанций с конверторами должен осуществляться биполярной кабельной линией напряжением $\pm 28,58$ кВ и более, вплоть до $\pm 89,87$ кВ, ввиду возросших мощностей потребителей. Напряжение на низкой стороне конверторов может составлять $\pm 311,1$ В (DC). В этом случае удастся объединить высоковольтную (HVDC) часть энергосистемы с низковольтной (LVDC) частью и создать единую энергосистему постоянного тока в рамках одного города, а в перспективе и всей страны. Естественно, что напряжения, представленные выше, носят условный характер, поскольку будущая шкала напряжений постоянного тока может существенно отличаться от шкалы переменного тока. Эти отличия будут зависеть от множества факторов, в том числе от стоимости и характеристик полупроводниковых элементов, а также от параметров существующих и будущих электроприемников. В связи с развитием распределенной энергетики и ростом числа потребителей постоянного тока СИПЭ стало уделять значительное внимание сетям постоянного тока среднего и низкого напряжения, а также микросетям [22].

Генерация

В связи с бурным развитием солнечных электростанций (СЭС) встает вопрос и об инверторах, которые используются для согласования сети постоянного тока, состоящей из солнечных модулей, с сетью энергосистемы переменного тока. Следует отметить, что солнечные элементы, входящие в состав солнечных модулей, изначально являются источниками постоянной ЭДС, и поэтому их подключение непосредственно к сетям постоянного тока (при решении вопросов повышения уровня изоляции и выдачи наибольшей мощности) позволит избавиться от лишнего преобразования постоянного тока в переменный (DC/AC). В силу этого удаленные СЭС целесообразнее подключать именно к линиям HVDC.

Естественно, что глобальная система невозможна без глобальных стандартов, и если на уровне высоких напряжений они уже сформированы, то на уровне среднего и низкого напряжений их нет или они устарели и не отвечают современным тенденциям повышения напряжения. Наличие таких стандартов позволило бы, например, при проектировании солнечных модулей ЭЭС рассчитывать их количество и формировать схему соединения, с тем чтобы ЭЭС непосредственно, т. е. без конверторов DC/DC, подключать к сети постоянного тока. То же можно сказать и о формировании напряжений аккумуляторных батарей электромобилей, которые должны подключаться к обычной сети постоянного тока, а не

К сожалению, в настоящее время на фоне традиционных источников доля электроэнергии, которую вырабатывают возобновляемые источники, относительно невелика. В связи с этим рассмотрим преимущества, которые дает переход на постоянный ток новых видов генераций. В частности, такой переход снимает ограничение по частоте вращения ротора генератора и связанного с ним приводного двигателя (гидро- или паровой турбины). Подобная свобода выбора позволяет оптимизировать генераторную установку в целом, не оглядываясь на частоту вращения ротора и тип электрической машины. Известно, что массогабаритные показатели электрической машины напрямую зависят от частоты вращения ротора [23]. Естественно, что чем больше частота вращения, тем меньше масса машины при той же мощности. Увеличение частоты ротора также оказывает положительное влияние на ядерную энергетическую установку с паротурбинным циклом. При увеличении частоты вращения в 2,3 раза и повышении параметров термодинамического цикла возможно снижение массы паропроизводящей установки и паротурбинной установки соответственно до 77 и 72 % [24].

Для исследования более сложной автономной энергосистемы постоянного тока, состоящей из дизельного двигателя, асинхронного вентильного генератора, повышающего конвертора, линии электропередачи, понижающего конвертора и нагрузки была разработана модель, представленная на рис. 5.

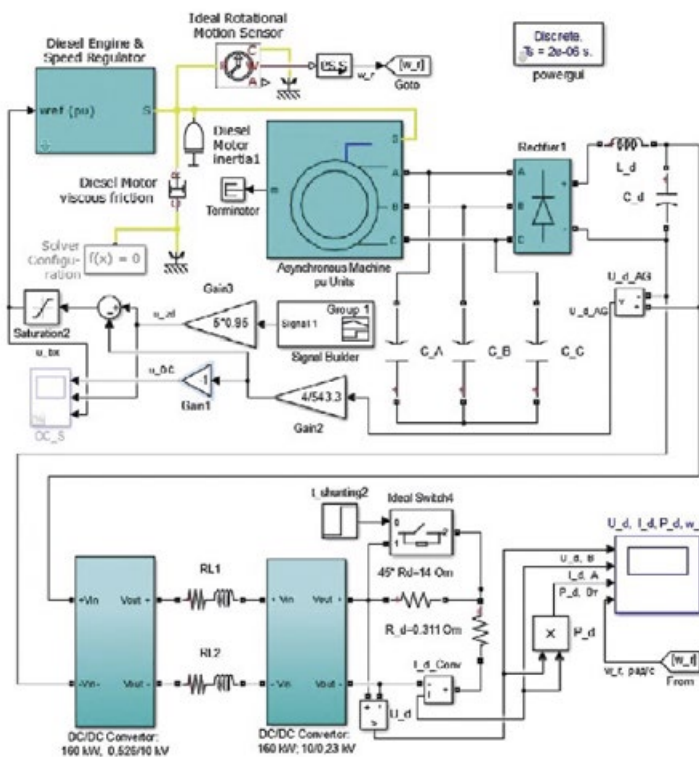


Рис. 5. Модель автономной энергосистемы постоянного тока
Обозначения: Diesel Engine & Speed Regulator — блок дизельного двигателя и регулятора его скорости; Ideal Rotational; Motion Sensor — блок идеального датчика вращения; Goto — блок для «беспроводной» передачи сигнала с данными частоты вращения ротора приемнику From, где w_r — идентификатор сигнала; Diesel Motor viscous friction — блок вязкого трения дизельного двигателя; Diesel Motor inertia — блок момента инерции дизельного двигателя; Terminator — блок для загрузки выходного порта; Asynchronous Machine pu Units — блок асинхронной машины, параметры которой заданы в относительных единицах; Rectifier — блок выпрямителя; L_d — блок сопротивлений, в котором задана индуктивность LC фильтра, и C_d — блок сопротивлений, в котором задана емкость LC фильтра; Saturation — блок насыщения (ограничения сигнала); Gain — блок масштабирования сигнала; Signal Builder — блок формирования сигналов; C_A, C_B, C_C — блоки сопротивлений, в которых заданы значения емкости конденсаторов возбуждения генератора.



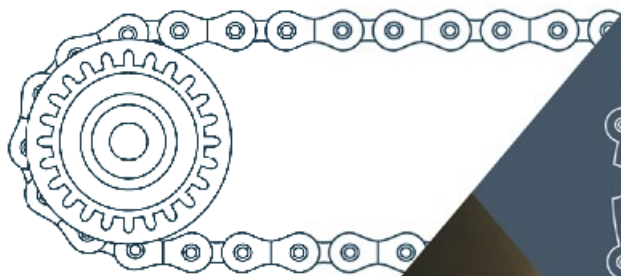
**ПРИГЛАШАЕМ
К УЧАСТИЮ**

Место проведения:
площадка у ТЦ «Мой Порт»,
ул. Кирова, 146, мобильный павильон

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ 15-17 СЕНТЯБРЯ

ТЕМАТИКА:

- Металлообрабатывающее оборудование. Инструмент.Metalлопродукция
- Комплектующие изделия и материалы
- Оборудование для термообработки
- Электрические машины и оборудование
- Подъемно-транспортное и складское оборудование
- Литейное оборудование
- Сварочное оборудование
- Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации процессов
- Добыча, переработка, сбыт нефти и газа
- Техника и технологии для добычи нефти и газа, нефтепереработки и нефтехимии. Транспортировка и хранение нефти, нефтепродуктов и газа
- Нефтегазопромысловая геология и геофизика
- Энергетическое и электротехническое оборудование
- Охрана труда, безопасность на производстве. СИЗ
- Ресурсосберегающие технологии
- Сырье, химические материалы, применяемые в нефтегазовой и нефтехимической промышленности
- Средства пожарной безопасности, системы охраны, промышленной безопасности



Модель состоит из стандартных блоков библиотек расширений Simulink и SimPowerSystems системы MATLAB, поэтому их корректность и результаты моделирования не вызывают сомнений [29–31]. С учетом того что для асинхронной машины, работающей в генераторном режиме, не принципиален пусковой момент, сопротивление ротора стандартного двигателя мощностью 160 кВт было уменьшено в два раза. Это осуществимо при неизменных габаритах путем замены короткозамкнутой алюминиевой обмотки ротора на короткозамкнутую медную обмотку. В результате, естественно, уменьшилось номинальное скольжение генератора, что благоприятно сказалось на жесткости его внешней характеристики при его работе с конденсаторным самовозбуждением. Основные недостатки асинхронного генератора, которые связаны с трудностями стабилизации амплитуды и частоты его ЭДС, в вентильном генераторе не столь критичны. Частота вращения ротора, а следовательно, и частота ЭДС, может быть любой, но не превышающей критических значений прочности. В связи с этим стабилизацию напряжения можно осуществлять путем изменения частоты вращения ротора, что и реализовано в данной модели с использованием отрицательной обратной связи по напряжению, которое снимается с выхода вентильного генератора, т. е. с конденсатора C_d . В подсистемах DC/DC Converter этой модели для стабилизации напряжения тоже используется отрицательная обратная связь по напряжению (рис. 6).

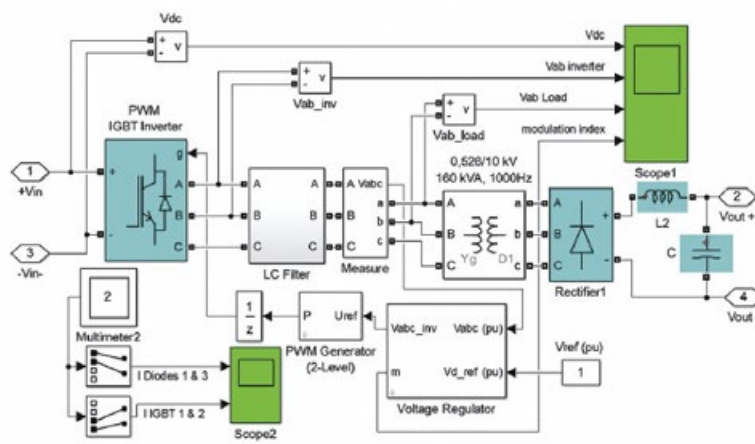


Рис. 6. Подсистема DC/DC Converter
 Обозначения: «+Vin», «-Vin» — входные порты подсистемы DC/DC Converter: 160 kW; 0,526/10 kV; PWM IGBT Inverter — блок инвертора с широтно-импульсной модуляцией на основе биполярных транзисторов с изолированным затвором; LC Filter — блок индуктивно-емкостного фильтра; Measure — блок с датчиками для измерения трехфазных напряжений и токов; 0,526/10 kV, 160 kVA, 1000Hz — блок трехфазного трансформатора с двумя обмотками (Three-Phase Transformer (Two Windings)); Rectifier1 — блок трехфазного выпрямителя; L2 и C — соответственно блок индуктивности и емкости LC фильтра; «Vout+» и «Vout-» — выходные порты подсистемы DC/DC Converter: 160 kW; 0,526/10 kV; Vref — эталонное напряжение в относительных единицах, которое задается в блоке Constant; Voltage Regulator — регулятор напряжения; PWM Generator (2-Level) — двухуровневый генератор широтно-импульсной модуляции.

На выходе блока PWM IGBT Inverter, т. е. инвертора с широтно-импульсной модуляцией на основе IGBT транзисторов, генерируется трехфазное напряжение частотой 1 кГц. При этом несущая частота равна 20 кГц. Дальнейшее увеличение основной частоты привело к некорректной работе инвертора. Результаты моделирования переходных процессов при конденсаторном самовозбуждении асинхронного вентильного генератора с последующим набросом номинальной нагрузки, подключенной к понижающему конвертору (DC/DC), представлены на рис. 6 и 7.

Следует отметить, что для ускорения процесса самовозбуждения генератора в качестве стартера (положительного возмущения) в блоках конденсаторов модели задавалось остаточное (начальное) напряжение величиной 90 В. Кроме того, и скорость вращения ротора задавалась равной 157 рад/с.

В противном случае процесс затягивался, но в итоге при достижении установившегося режима приводил к идентичным результатам, что и ускоренный процесс. На завершающем участке самовозбуждения (см. рис. 7) наблюдается пере-регулирование напряжения, которое равно $(252 - 230)/230 \cdot 100\% = 9,6\%$. При набросе нагрузки провал напряжения составил $(230 - 134)/230 \cdot 100\% = 41,7\%$, а изменение напряжения — $(230 \cdot 223,5)/230 \cdot 100\% = 2,8\%$. Последнее свидетельствует о приемлемой стабилизации напряжения. При этом ток до наброса нагрузки не равен нулю. Последнее связано с тем, что инверторы данной модели начинают устойчиво работать при некотором минимальном значении тока. Номинальный ток в установившемся режиме составил 716 А. Напряжения повышающего и понижающего конверторов были выбраны произвольно. Они могут быть изменены на любые другие значения, как и все остальные параметры модели. На рис. 8 представлены кривые мощности нагрузки и частоты вращения ротора генератора. При самовозбуждении пере-регулирование частоты вращения ротора составляет $(171,6 - 163,2)/163,2 \cdot 100\% = 5,1\%$. При набросе нагрузки скорость под действием обратной отрицательной связи по напряжению возрастает на $(165,2 - 163,2)/163,2 \cdot 100\% = 1,2\%$. В установившемся режиме мощность составила 160 кВт. Таким образом, представленные результаты свидетельствуют о работоспособности данной модели автономной электроэнергетической системы постоянного тока на основе асинхронного вентильного генератора.

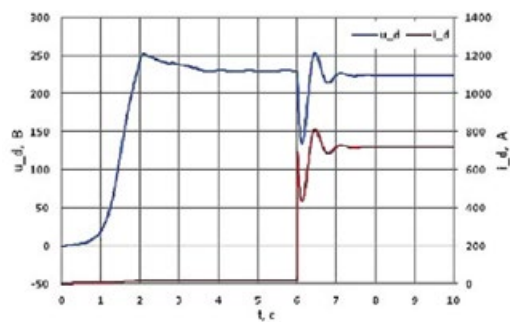


Рис. 7. Кривые напряжения и тока при самовозбуждении и набросе нагрузки

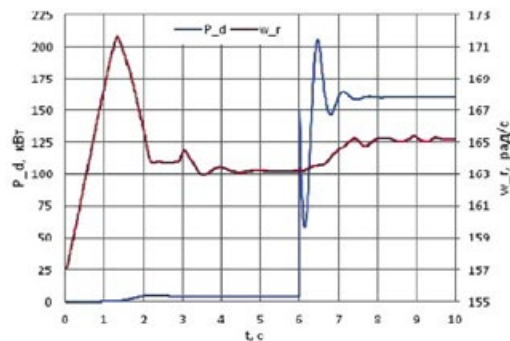


Рис. 8. Кривые мощности и частоты вращения ротора при самовозбуждении и набросе нагрузки

Заключение

Инверторная революция в электроэнергетике и электротехнике, связанная с появлением биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), привела к их широкому внедрению в высоковольтных системах постоянного тока (UHVDC и HVDC), а также в системах постоянного тока низкого напряжения.

В электроэнергетике наблюдаются встречные тенденции. С одной стороны, HVDC-технологии начинают использоваться на более низких ступенях напряжений, с другой — рост числа и мощности явных и скрытых потребителей постоянного тока, включая электромобили, бытовые устройства, электроприводы, освещение, а также основные элементы распределенной энергетики, неотвратимо подталкивают к закономерному переводу сетей низкого и среднего напряжений на «рельсы» постоянного тока, причем с повышением напряжения как первых, так и вторых сетей.

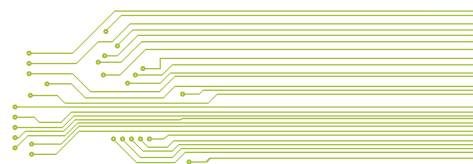
Несомненным известным положительным фактором перехода на постоянный ток является уменьшение затрат на сооружение воздушных и кабельных линий, уменьшение потерь мощности и увеличение пропускной способности.

Переход электроэнергетических систем всех уровней на постоянный ток открывает путь к созданию трансконтинентальных систем, а, в конечном счете, и глобальной электроэнергетической системы.

Перевод электроэнергетики на постоянный ток позволит снять ограничения по частоте вращения генератора и турбины. Это, в свою очередь, открывает перспективы для проведения исследований, проектирования и создания генерирующих установок нового поколения с улучшенными массогабаритными и энергетическими характеристиками, что неминуемо даст экономический эффект.

Определенную нишу в генерирующих системах постоянного тока могут занять асинхронные вентильные генераторы с повышенной частотой вращения ротора.

ЭС



Литература

1. Changji-Guquan $\pm 1,100$ kV UHV DC Transmission Project Starts Power Transmission. URL: http://www.sgcc.com.cn/html/sgcc_main_en/col2017112406/2019-01/18/20190118183221870335071_1.shtml
2. Рыжов Ю. П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов. 2-е изд. М.: Изд. дом МЭИ, 2007.
3. Зотин О. Т. В преддверии возрождения постоянного тока. DC Rematch Upcoming // Энергосовет. 2013. № 1. URL: http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?id=366
4. Беспалов В. Я. Котеленец Н. Ф. Электрические машины. М.: Изд. центр «Академия», 2013.
5. Сухие трансформаторы. Характеристики. URL: <https://forca.ru/spravka/transformatory/tesar-suhietransformatory-8.html>
6. Лебедев А. В. Транзисторные источники питания для электродуговой сварки (обзор) // Автоматическая сварка. 2012. № 9. С. 34–40.
7. Dragan J. Boon Teck Ooi Developing DC Transmission Networks Using DC Transformers // IEEE Transactions on Power Delivery. 2010. October. Vol. 25. № 4. P. 2535–2543.
8. Kolar J. W., Huber J. E. Solid-State Transformers (SST) Concepts, Challenges and Opportunities. URL: https://www.pes-publications.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethpublications/workshop_publications/_ECPE_SST_Workshop_2016_SST_Concepts_Challenges_Opportunities_FINAL_JWK_270116.pdf
9. Huber J. E., Kolar J. W. Thus SSTs are envisioned as key components of a smart grid // IEEE Transactions on Smart Grid. 2019. Jan. Vol. 10. I. 1.
10. Dan Wang, Yun Yang, Jie Tian, Chengxiong Mao, Junfeng Zhang. Design and Implementation of 10-kV MW-level Electronic Power Transformer (EPT) // IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS). 23–27 Sept. 2018. Portland, OR, USA.
11. Rouzbehi K., Miranian A., Luna A., Rodriguez P. Towards fully controllable multi-terminal DC grids using flexible DC transmission systems // 2014 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE).
12. Sonawale S. A., Joshi P. M. Design of laboratory model for demonstration of solid state transformer for smart grid applications // 2019 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICES).
13. Kolar J. W. Solid State Transformer (SST) Applications. A Glimpse Into the Future. Nov. 19. 2019. URL: https://www.pes-publications.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethpublications/workshop_publications/
14. Allee G., Tschudi W. Edison Redux: 380 V DC Brings Reliability and Efficiency to Sustainable Data Centers // IEEE Power and Energy Magazine. 2012. Vol. 10. № 6. P. 50–59.
15. EMerge Alliance. An open industry association. Leader in promoting the greater use of direct current in DC and hybrid AC/DC power systems. URL: <https://www.emergealliance.org/standards/datatelecom/standard-faqs/>
16. Павленко В., Климов В., Климов И. Сравнительный анализ электромагнитных процессов в структурах электроприводов нефтедобывающей промышленности // Силовая электроника. 2010. № 26. С. 30–35.
17. Европе предложили полностью отказаться от двигателей внутреннего сгорания с 2030 года. URL: <https://nplu1.ru/news/2016/10/10/ban-ice>
18. В Нидерландах готовят законопроект о полном переходе на электромобили к 2025 году. URL: http://elektrovesti.net/45581_v-niderlandakh-gotovyatzakonoproekt-o-polnom-perekhode-naelettromobili-k-2025-godu
19. Обзор квадрокоптеров для перевозки людей. Ehang 184 [Electronic resource]. 2020. URL: <https://nanojam.ru/news/obzorkvadrokoptera-dlya-vzroslyh-ehang-184>
20. В Новой Зеландии испытывают беспилотное воздушное такси [Electronic resource]. 2020. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/news-414932-v-novoyzelandii-ispytyvayut-bespilotnoevozdushnoe-taksi/>
21. Аэротакси: кто разрабатывает пассажирские коптеры [Electronic resource]. 2020. URL: <https://vc.ru/future/79608-aerotaksiko-razrabatyvaet-passazhirskie-koptery>
22. Суслова О. Обобщение тенденций развития и применения технологий передачи электроэнергии постоянным током и силовой электроники для энергосистем (по итогам 47-й сессии СИГРЭ, 2018 г.). URL: http://cigre.ru/47/pdf/B4%20%D0%9D%D0%98%D0%9A%D0%924_%D0%A1%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf
23. Копылов И. П. Проектирование электрических машин: учебник для бакалавров. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2017.
24. Долгов В. Н. Перспективы улучшения массогабаритных и виброшумовых показателей ЯЭУ с паротурбинным циклом // Атомная энергия. 1990. Т. 69. Вып. 6. С. 370–373.
25. Торопцев Н. Д. Асинхронные генераторы автономных систем. М.: Знак, 1998.
26. Балагуров В. А. Проектирование специальных электрических машин переменного тока. М.: Высшая школа, 1982.
27. Джэндубаев Э. А.-3., Джэндубаев А.-3. Р. Постоянный ток как основа электроэнергетики будущего // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VIII Международной научно-технической конференции. 2–6 октября 2017, Самара. В 3 т. Т. 1. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. С. 436.
28. Кононов Ю. Г., Джэндубаев Э. А.-3., Джэндубаев А.-3. Р. Исследование перспектив применения постоянного тока в электроэнергетике. Материалы VI-й ежегодной научно-практической конференции преподавателей, студентов и молодых ученых Северо-Кавказского федерального университета «Университетская наука — региону», г. Ставрополь, 2–27 апреля 2018 г.
29. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
30. Дьяконов В. П. Simulink. Самоучитель. М.: ДМК-Пресс, 2015.
31. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. Саратов: Профобразование, 2017.



Птицезащитные устройства на воздушных линиях

Евгений Ляпунов, первый заместитель генерального директора филиала ПАО «ФСК ЕЭС» — МЭС Центра;
Юлия Жилкина, кандидат экономических наук, ПАО «ФСК ЕЭС»

Продолжается рост протяженности воздушных линий электропередачи (ВЛ). ВЛ различных классов напряжения представляют потенциальную угрозу для птиц. Садясь на ВЛ, птицы могут погибнуть и/или стать причиной повреждения (отключения) ВЛ или оборудования ПС, что приводит к ущербу от перерыва электроснабжения потребителей и повреждения электрооборудования.

При проектировании ВЛ следует учитывать необходимость защиты птиц от поражения электрическим током при их взаимодействии с ВЛ, а также принимать во внимание требования к размещению птицезащитных устройств (ПЗУ) на электросетевых объектах, обусловленных рядом директивных и нормативных документов федерального и отраслевого уровня, к которым следует отнести, в частности:

- Федеральный закон № 52-ФЗ от 24.04.1995 «О животном мире»;
- Постановление Правительства РФ № 997 от 13.08.1996 «Об утверждении требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи»;
- Правила устройства электроустановок (7-е изд.);
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и электрических станций и сетей Российской Федерации.

В указанных документах можно выделить следующие требования, которые следует использовать при проектировании, строительстве, реконструкции, техническом перевооружении и эксплуатации ВЛ и в соответствии с которыми требуется установка птицезащитных устройств на электросетевых объектах. Статья 22 Федерального закона № 52-ФЗ от 24.04.1995 «Сохранение среды обитания объектов животного мира» сообщает, что всякая деятельность, влекущая за собой изменение среды обитания объектов животного мира и ухудшение условий их размножения, нагула, отдыха и путей миграции, должна осуществляться с соблюдением требований, обеспечивающих охрану животного мира. Хозяйственная деятельность, связанная с использованием объектов животного мира, должна осуществляться таким образом, чтобы разрешенные к использованию объекты животного мира не ухудшали собственную среду обитания и не причиняли вреда сельскому, водному и лесному хозяйству.

В Российской Федерации, для защиты ЛЭП применяются птицезащитные устройства (ПЗУ), которые различают по следующим типам ПЗУ:

- *антиприсадочного типа* — устройства, предотвращающие посадку птиц на элементы ВЛ и оборудование подстанций (ПС);
- *изолирующего типа* — устройства, защищающие птиц от непосредственного контакта с проводами, линейной арматурой и иными неизолированными элементами ВЛ и оборудования ПС;
- *наседного типа* — устройства, создающие условия для безопасной посадки птиц;
- *гнездообразующего типа* — устройства, создающие альтернативные безопасные площадки для постройки гнезд;
- *барьерного типа* — устройства, защищающие гирлянды изоляторов, а также иные элементы ВЛ и оборудования ПС от загрязнения продуктами жизнедеятельности птиц и препятствующие поражению птиц электрическим током через струю помета, а также предотвращающие проникновение птиц и других объектов животного мира в электроустановки;
- *маркерного типа* — устройства, делающие элементы ВЛ более заметными для птиц во время полета;
- *комбинированные* — устройства, совмещающие в себе различные типы защитных функций ПЗУ [1].



В ПАО «Россети» в настоящее время действуют СТО 34.01-2.2-010-2015 и СТО 34.01-2.2-011-2015, определяющие требования к птицевозащитным устройствам, к правилам приемки устройств и методам их испытаний. Согласно требованиям ПЗУ должны быть предназначены для предотвращения поражения птиц электрическим током, а также должны обеспечивать эффективную защиту птиц на ВЛ и оборудовании ПС и/или защиту ВЛ и оборудования ПС от негативного воздействия жизнедеятельности птиц. При проектировании, строительстве, реконструкции, техническом перевооружении и эксплуатации ВЛ перечень вышеуказанных элементов, подлежащих оснащению птицевозащитными устройствами, может быть дополнен исходя из специфики видового разнообразия птиц в конкретном регионе России. Птицевозащитные устройства, содержащие в конструкции пластины-стабилизаторы и шунтирующие юбки изоляторов, запрещены к применению в ПАО «Россети».

В целом, применение ПЗУ снижает аварийность электрооборудования. Также, наряду с экологическим эффектом (исключение гибели птиц), следует учитывать экономический эффект, получаемый от снижения затрат на ремонт и замену электротехники, выводимой из строя птицами [7].

Россети ФСК ЕЭС (ПАО «ФСК ЕЭС») в 2020 году с целью обеспечения экологической безопасности провели конкурсную процедуру на поставку птицевозащитных устройств для нужд филиалов ПАО «ФСК ЕЭС» — МЭС на период 2020–2024 гг. Классификация закупаемых ПЗУ:

- птицевозащитные устройства антиприсадочного типа (ПЗУ типа А)*;
- птицевозащитные устройства барьерного типа (ПЗУ типа Б)*.

*на основании потребности филиалов ПАО «ФСК ЕЭС» — МЭС

Таблица № 1. Потребность в птицевозащитных устройствах на 2020 год для филиалов ПАО «ФСК ЕЭС» — МЭС

Наименование МЭС	Наименование ПМЭС	Наименование ПЗУ	Ед. изм.	Кол-во
Волги	Средне-Волжское	ПЗУ типа Б1	шт.	94
Волги	Нижне-Волжское	ПЗУ типа А1	шт.	13
Волги	Самарское	ПЗУ типа Б1	шт.	258
Волги	Нижегородское	ПЗУ типа А1	шт.	327
Урала (в регионе Западная Сибирь)	Ямало-Ненецкое	ПЗУ типа А1	шт.	6
Урала	Южно-Уральское	ПЗУ типа А1	шт.	20
Урала	Южно-Уральское	ПЗУ типа Б1	шт.	24
Сибири	Кузбасское	ПЗУ типа А1	шт.	3657
Сибири	Красноярское	ПЗУ типа А1	шт.	1545
Сибири	Западно-Сибирское	ПЗУ типа А1	шт.	1827

Выводы

Установка оборудования (ПЗУ) повышает надежность электроснабжения потребителей и снижает процент гибели птиц от поражения электрическим током, заставляя их искать привычные места гнездования, такие как просеки и лесополосы.

Полностью исключить гибель птиц на объектах электроэнергетики нельзя, но, применяя ПЗУ, можно снизить этот показатель до минимума, а это в свою очередь приведет к восстановлению и развитию орнитофауны. А с целью снижения числа аварий на ЛЭП из-за птиц можно прибегнуть к анализу их миграционных путей и устанавливать ПЗУ, в первую очередь, на те линии электропередач, которые находятся на пути миграции большего числа их видов.

ЭС

Литература

1. Красник В. В. Термины и определения в электроэнергетике: Справочник. М.: «Энергосервис», 2002.
2. Салтыков А. В. Основы орнитологической безопасности электросетевой среды. — «Бранта» // Сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. Вып. 17. 2014. С. 153–160.
3. Стандарт организации ПАО «РОССЕТИ» «СТО 34.01-2.2-010-2015 Птицевозащитные устройства для воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств подстанций. Общие технические требования», утв. распоряжением ПАО «Россети» от 18.08.2015 № 407р.
4. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий предотвращения гибели хищных птиц на линиях электропередач 6–35 кВ. М., ВНИИ охраны природы и заповедного дела. 1991. 19 с.
5. Зоны повышенной гибели пернатых хищников в результате поражения электрическим током на ЛЭП 6–10 кВ в России / Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников. 2014.
6. Резолюция 10.11 — «Линии электропередачи и мигрирующие виды» (Res. 10.11 — «Power Lines and Migratory Species»). — Принята на 10-й Конференции Сторон Конвенции по сохранению мигрирующих видов диких животных (КМВ, Боннская конвенция; Convention on Migrating Species, CMS). Берген, Норвегия. 20–25 ноября 2011 г.
7. Budapest Declaration on Bird Protection and Power Lines. Adopted by the Conference «Power Lines and Bird Mortality in Europe». Budapest, Hungary. 13 April 2011. [Будапештская декларация по защите птиц на линиях электропередачи. — Принята на Международной конференции «Линии электропередачи и гибель птиц от поражения электротоком в Европе». Будапешт, Венгрия. 13 апреля 2011 г.].
8. Информационно-справочная система «Ключевые орнитологические территории России». — <http://www.rbcu.ru/programs/54/>
9. Информационно-справочная система «ООПТ России». — <https://oopt.info/>



Предупрежден, значит не поражен!

ООО «Завод Энергетик» — это отдельное подразделение в группе компаний «Каскад», занимающееся проектированием, производством и комплектацией объектов энергетики. Наши сотрудники — специалисты, обладающие опытом работы в строительстве объектов большой энергетики и их эксплуатации, занимаются непосредственным проектированием инновационных продуктов для энергетики. За круглым столом обсуждаются все преимущества, которыми должны обладать новые продукты, учитываются, в том числе, и пожелания наших непосредственных Заказчиков. Основными нашими продуктами на сегодняшний день являются птицезащитные устройства типа: АПЗУ-1-1, АПЗУ-БТ-3, МПЗУ-300, ПЗУ-КЗ-70 и авиационные шары-маркеры типа СШМ.

Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1

Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1 предназначено для защиты гирлянд подвесных изоляторов от загрязнения продуктами жизнедеятельности птиц и самих птиц от поражения электрическим током на ВЛ. АПЗУ-1-1 устанавливается на траверсе ВЛ над местом крепления гирлянд изоляторов и препятствует посадке птицы на траверсу в зоне его защиты.

АПЗУ-1-1 также служит для исключения возможности гнездования птиц на траверсе опоры, что сводит к минимуму загрязнения изоляторов и токонесущих проводов птицами, тем самым предотвращает замыкания ЛЭП и гибель птиц от поражения электрическим током. Антиприсадочное защитное устройство является эксклюзивной продукцией и изготавливается в соответствии с техническими условиями, разработанными специалистами ООО «Завод Энергетик».

Антиприсадочное птицезащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3

Антиприсадочное птицезащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3 предназначено для предотвращения загрязнения гирлянд изоляторов продуктами жизнедеятельности птиц, защиты ВЛ от гнездования и посадки птиц на опоры, обеспечения условий нормальной работы и эксплуатации воздушных линий электропередач ВЛ 35–750 кВ, а также для предотвраще-

ния гибели птиц от поражения электрическим током. Это устройство делает невозможной посадку и гнездование птиц на траверсах опор ВЛ.

АПЗУ-БТ-3 выдерживает ветровые и гололедные нагрузки, соответствующие требованиям ПУЭ-7. Оно выполнено из диэлектрического атмосферостойкого пластика, стойкого к ультрафиолетовому излучению и имеющего рабочий температурный диапазон от –70 до +160 °С. Исполнение УХЛ1.

Устройство АПЗУ-БТ-3 состоит из трех конусных стержней и модульного основания с конусными отверстиями для установки стержней. Модульная конструкция основания позволяет соединять их между собой. Закрепление АПЗУ-БТ-3 на траверсах опор выполняется при помощи металлических П-образных струбцин. Устройство поставляется в разобранном виде. Оно легко и просто монтируется, а в процессе эксплуатации не требует дополнительного обслуживания.



ПЗУ всевозможного типа. Модификации, в зависимости от требований заказчика

Сферы предупреждения МПЗУ

Сферы предупреждения птиц типа МПЗУ являются универсальным птицевозащитным устройством маркерного типа и предназначены для предупреждения пилотов воздушных судов о наличии ЛЭП, и в то же время являются птицевозащитными устройствами маркерного типа, которые устанавливаются на ВЛ для визуального отпугивания птиц и предотвращения их столкновения с проводами.

Изделие имеет малую массу, обладает достаточной прочностью, устойчиво к влаге, ультрафиолету, озону, имеет продолжительный срок службы. Как правило, применяется для воздушных линий электропередачи, в том числе для пролетов большой высоты, линий связи, переходов через водные преграды, долины, дороги, железнодорожные пути, трубопроводы и т.д.

Сфера предупреждения птиц МПЗУ изготовлена из ударопрочного пластика стойкого к ультрафиолету, выцветанию и температурным перепадам от -70 до $+220$ °C. МПЗУ выпускаются в белом, красном и оранжевом цвете. Сферы предупреждения располагаются на тросе/проводе воздушной линии и устанавливаются по чередующейся цветовой схеме из белых и красных либо белых и оранжевых шаров, что обеспечивает их наилучшую видимость.

Область применения:

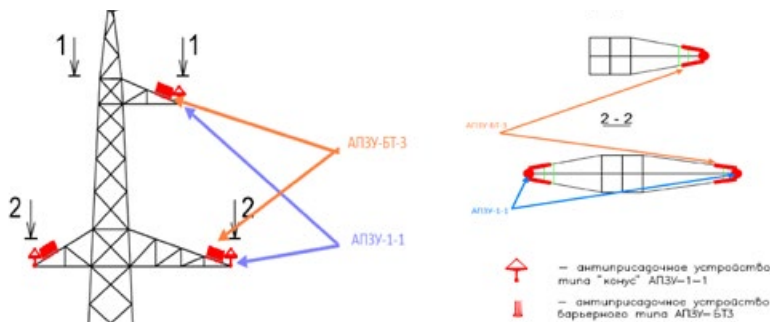
- вантовые тросы, поддерживающие мачты с оттяжками;
- магистральные ВЛ;
- распределительные сети.

Сигнальные шары-маркеры СШМ

Сигнальные шары-маркеры служат для маркировки высоковольтных проводов с целью визуального предупреждения пилотов гражданской и военной авиации о наличии линий электропередачи, в особенности, проходящих через водные препятствия и ущелья. Сигнальные шары-маркеры для ВЛ отчетливо видны на фоне любой местности.

Область применения:

- вантовые тросы, поддерживающие мачты с оттяжками;
- магистральные ВЛ;
- распределительные сети.



Схематическое расположение АПЗУ



Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1

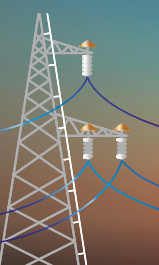
Антиприсадочное птицевозащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3

Преимущества продукции ООО «Завод Энергетик»

В нашем активе:

- соответствие стандартам ПАО «Россети»;
- скорость производства (не менее 1000 штук любого продукта в сутки);
- за счет конструктивных особенностей продукции в 10 раз быстрее происходит сборка, в 6 раз меньше занимает места при транспортировке;
- возможность монтажа при низких температурах в районах Крайнего Севера и приравненных к ним районах (сохраняем гарантию при монтаже птицевозащитных устройств при температуре до -30 °C);
- 100 % локализации производства в городе Красноярске.

С нашими птицевозащитными устройствами и сигнальными шарами-маркерами и птицы, и самолеты, и линии электропередач будут в безопасности.



ООО «Завод Энергетик»

660012, г. Красноярск
ул. Складская, 29
тел. (391) 206-18-17 (многоканальный)
e-mail: sales@ecobird.ru
www.ecobird.ru



НОВЫЙ ВЗГЛЯД

Андрей Кудрявцев, главный инженер ООО «Экспертный центр», эксперт комитета по энергетике Свердловского областного Союза промышленников и предпринимателей, советник вице-президента «Global Insulation Group» (ЮАИЗ);
Андрей Восканян, главный специалист отдела технического продвижения «Global Insulation Group» (ЮАИЗ)

Как показывает практика, в процессе эксплуатации воздушных линий периодически происходят случаи разрушения юбок стеклянных изоляторов на мелкофрагментированные «остатки». Задача нашего исследования состояла в том, чтобы оценить срочность проведения аварийных ремонтов стеклянных изоляторов в гирляндах ВЛ 35 кВ и выше. И здесь важно отметить одно из основных свойств стеклянных тарельчатых изоляторов — сохранение внутри шапки изолятора неуничтожимого остатка головки при разрушении стеклодетали, — позволившее по-новому взглянуть на оценку сроков начала ремонтных работ.

Посмотрим на их поведение

Неуничтожимый остаток обеспечивает механическую целостность гирлянды, даже если повреждены все изоляторы. Гирлянда, как правило, не расцепляется и провод не падает, то есть сохраняется электроснабжение потребителей, а у сетевой компании имеется запас времени на проведение ремонтных работ. При этом гирлянда в значительной степени (около 80 %) сохраняет свои механические свойства и частично электрическую прочность.

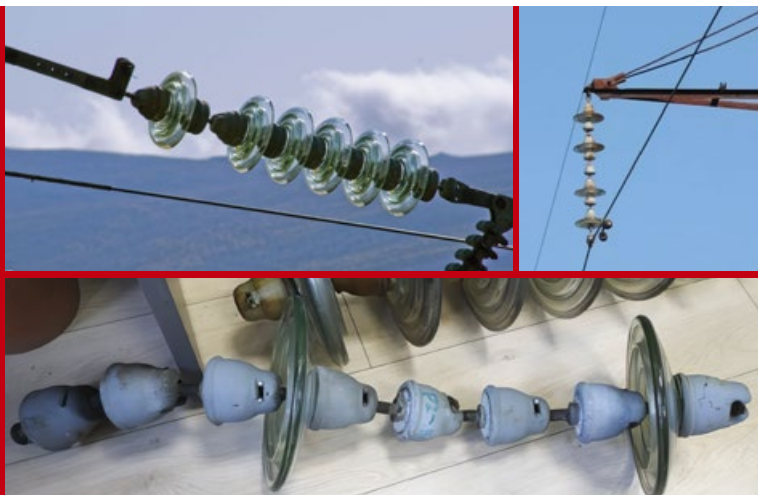


Рис. 1. Частично разрушенные стеклянные изоляторы при сохранении неуничтожимого остатка

Выдерживаемая 80-процентная механическая нагрузка, по сути, позволяет не беспокоиться о немедленном падении провода, так как при проектировании подвески нагрузка изоляторов выбирается с определенным запасом по отношению, как к номинальным нагрузкам деталей арматуры, так и к действующей со стороны провода статической и динамической нагрузке. Сохранение механических свойств и частично электрической прочности является важным преимуществом стеклянных изоляторов перед аналогичными фарфоровыми и полимерными изделиями. Разрушение последних нередко является незамедлительной причиной обрыва подвески и падения провода. Кроме того, нарушенная целостность гирлянды стеклянных изоляторов визуально определяется достаточно легко и исключает использование трудоемких процедур аппаратной диагностики ослабленной изоляции. В конечном итоге, стоимость обслуживания относительно других видов изоляции существенно снижается (по некоторым оценкам в 25 раз).

Менять ли сразу?

Электрическая прочность остатка стеклянного изолятора мала (не более 5 % от исходной), поскольку у поврежденного изолятора уже отсутствует сама «тарелка», предотвращающая как прямой пробой, так и перекрытие по поверхности. Общая остаточная электрическая прочность гирлянды снижается пропорционально количеству разбитых изоляторов и определяется количеством целых тарелок в гирлянде и электрической прочностью остатков поврежденных.

Угроза перекрытия гирлянды, в свою очередь, в большей степени зависит от состояния окружающей атмосферы, а именно — от погодных условий:

- во влажной ионизированной атмосфере перекрытие произойдет быстро, возможно незамедлительно, в момент разрушения стеклодетали;
- в сухой воздушной атмосфере ослабленная гирлянда будет исправно выполнять изолирующую функцию.

На сегодняшний день недооцененной является возможность прогнозирования перекрытий ослабленной (разрушенной) изоляции с учетом среднесрочного прогноза погоды. Суть прогнозирования сводится к следующим процедурам:

1. оценивается состояние гирлянды (сколько изоляторов осталось целыми, место целых изоляторов в гирлянде);
2. просматривается прогноз погоды на предстоящие дни;
3. оценивается наличие и вероятность выпадения росы в текущий период года;
4. оценивается наличие изоляторов, загрузка персонала, его местонахождение и т.д.;
5. оценивается возможность отключения ВЛ и потребителей для проведения аварийного ремонта.

На основе собранных данных устанавливают сроки проведения аварийного ремонта и замены изоляции, запас времени для оперативных переключений сети или отключения потребителей. Говоря проще, если прогнозируется сухая погода с минимальной вероятностью выпадения росы, то существует запас времени на подготовку и проведение аварийных работ, а отключений ВЛ в это время не произойдет.

Проверка подхода

В испытательном центре АО «ЮАИЗ» (входит в состав Global Insulator Group) были проведены комплексные выборочные испытания электрической прочности остатков стеклянных изоляторов и поврежденных гирлянд 110 кВ при следующих условиях:

- в сухом состоянии;
- в состоянии «под дождем»;
- в увлажненном состоянии (капельное увлажнение, имитация увлажнения росой).

Полученные в ходе испытаний результаты оказались вполне ожидаемы. Очевидно, что полностью поврежденные гирлянды не выдерживают нагрузки и подлежат скорейшей замене. Однако полученные результаты позволяют предположить, что в ряде случаев у эксплуатации появляется резерв времени для маневра ресурсами. Становится понятно, надо ли сейчас «бросаться на ремонт» или имеется «запас прочности» изоляции ВЛ. По существу, имеющийся запас времени на замену полностью разрушенной гирлянды или гирлянды с 1–2 целыми изоляторами немного меньше времени, которое прогнозируется синоптиками до ближайших дождевых осадков.

Авторы понимают, что изложенное находится на грани, после которой может произойти серьезное перекрытие изоляции на ВЛ и поэтому просят профильных специалистов, линейщиков и всех, кто имеет отношение к эксплуатации линий электропередачи, прокомментировать (в том числе критически) изложенные в статье выводы.



Рис. 2. Повреждение головки фарфорового изолятора с последующим падением провода на ВЛ 110 кВ

Таблица 1. Результаты расчета токов короткого замыкания

Изоляторы и подвески		Состояние изоляторов, напряжение (кВ)			Примечание
Состав	Формула	Сухое	Под дождем	Увлажненное	
Единичный остаток ПС70Е	1(о)	7,5	Напряжение не держит		Не держит, так как поток воды перекрывает «узкую» полосу остатка стеклодетали. «О» — остаток изолятора, «И» — целый изолятор
Группа остатков ПС70Е	6(о)	50	Не держит	4	
Группа остатков и изолятор ПС70Е	6(о) + 1(и)	102	Не держит	56	

Таблица 1. Результаты расчета токов короткого замыкания

Изоляторы и подвески		Состояние изоляторов, напряжение (кВ)			Примечание
Состав	Формула	Сухое	Под дождем	Увлажненное	
Единичный остаток ПС70Е	1(о)	8,42	Напряжение не держит. Напряжение отсечки установки — 200 В		Под дождем далее не проводилось, так как поток воды перекрывает «узкую» полосу остатка стеклодетали. «О» — остаток изолятора; «и» — целый изолятор
Группа остатков ПС70Е	6(о)	52,8	Не проводилось. Напряжение отсечки — 5 кВ		
Группа остатков и изолятор ПС70Е	6(о) + 1(и)	107	Не проводилось	62,2	

* Напряжение подавалось со стороны изолятора ПС70Е.

Выводы исследования

1. Проведенные АО «ЮАИЗ» испытания показывают, что полностью поврежденная гирлянда изоляторов, а тем более такая гирлянда в сочетании с некоторым количеством целых изоляторов на ВЛ 110 кВ, не будет перекрываться в сухую погоду, что дает резерв времени на организацию ремонтных работ.

2. Существует возможность экспресс-прогнозирование поведения и отказов спонтанно выявленных частично разрушенных подвесок с учетом погодных условий.

3. Экспресс-прогноз позволит более точно корректировать план и занятость для ремонтных бригад на объектах.

4. В любом случае реализация подобного алгоритма прогнозирования и принятия решений «по ситуации» приведет к определенному снижению показателей SAIDI и SAIFI и даст некоторую свободу маневра при принятии решений по организации ремонтных работ.

Особо подчеркнем, что представленный подход — это тактическое ситуативное действие, которое может дать немного больше свободы в принятии решений.



Рынок заказчика и посредники

Артем Камынин, генеральный директор ООО «Холдинговая Компания «Локус»

Цепочка поставки электротехнической продукции на объекты все больше сводится к формуле «производитель — покупатель». Производитель заинтересован продать траверсы, строитель — найти их подешевле. Электронные площадки, регулировка закупочных процедур 223-ФЗ снижают вероятность попадания в сделку дополнительных игроков. На первый взгляд, это хорошо, поскольку вроде бы сокращается процесс продажи, и продукт становится дешевле... Но, как ни странно, именно сейчас на рынке электроэнергетики между производителями и покупателями должны находиться посредники. Ведь именно у них находятся механизмы для реального снижения цены.

«Сама-сама-сама...»

Эта тенденция наблюдалась на рынке последние лет 15: производители стали отказываться от дилерских сетей, создавая собственные коммерческие службы и тендерные отделы. В то время много писали и говорили о том, как производитель становится ближе к потребителю, и, казалось бы, это правильная идея. Однако результаты преобразований получились не совсем те, на которые мы, возможно, делали ставку.

Рынок стал «рынком производителя», и вот что вышло. Клиент не может влиять на цену, иногда она необоснованно высока. Линейный менеджер со стороны клиента поставлен в условия, согласно которым он должен купить самый дешевый продукт, а то, что при этом «в разы» вырастет логистика и стоимость объекта в целом, уже не относится к сфере его ответственности. Отсутствие альтернативы больше не мотивирует производителя к самораз-

витию. Тендерная площадка — это не место для инновационных решений: новый продукт с улучшенными свойствами требует затрат на продвижение и не может соревноваться по цене с имеющимся ассортиментом. Таким образом, для новых технологий вход на рынок закрывается.

Это не про экономику, это про неэффективное производство, сомнительное качество и несвоевременные поставки. Экономика же — это про создание добавочной стоимости, про здоровую конкуренцию, которая заставляет модернизировать печи и машинолинии, улучшать сервис, продукт и изучать мировой передовой опыт.

Посредники не готовы менять этот мир, но убедить собеседников говорить на языке экономики они в силах. Так появляются новые ниши и связи между людьми, имеющими созидательное мышление и социальную ответственность.

Зарубежные производители очень хорошо понимают выгоду от привлечения дилера или дистрибьютора: посредник приносит лучшее с рынка. Благодаря этому принципу заводы не создают коммерческих служб, в штате находится только региональный представитель для проведения презентаций.

Двумя этажами выше

На рынке труда много экономистов, юристов, специалистов тендерных отделов, но чрезвычайно сложно отыскать хорошего продавца с харизмой, еще сложнее — креатора. И если искать таких, то стоит обратить внимание на специалистов из компаний комплексных поставок. В этой среде могут работать лишь образованные высокоинтеллектуальные продавцы с глубоким знанием продукта, с кругозором не только по российскому, но и по зарубежному рынку. Посредник — это профессия, сложная, про такое говорят: «это двумя этажами выше». Во все времена подобный подход был ценен, но сейчас — вдвойне: посредники «взламывают» привычный контекст, убеждая смотреть на комплектацию не только с точки зрения текущей стоимости, но и в долгосрочной для объекта перспективе.

Посредники могут позволить себе НИОКР, аттестацию, инновационные разработки. Они несут ответственность за финансовые риски как стратегические партнеры. Они в курсе, как принимаются решения в узких нишах типа «нефтегаз», тогда как производитель в электроэнергетике «целится» в своего основного потребителя — «Россети». Если обратиться к зарубежному опыту, то там производители очень хорошо понимают выгоду от привлечения дилера или дистрибьютора: посредник приносит лучшее с рынка. Сами заводы не создают коммерческих служб и держат в штате только регионального представителя для проведения презентаций, как, например, в китайской корпорации «ZTT» (ЗТТ Рус), производящей оптические кабели и провода. Зарубежное понимание экономики, особенно европейское, начинается с позиции инвестора, и этому стоит учиться.

Про честность, новые ниши и иммунитет

Посредники не готовы менять этот мир, но убедить собеседников говорить на языке экономики они в силах. Так появляются новые ниши и связи между людьми, имеющими созидательное мышление и социальную ответственность. Если линия электропередачи будет стоять, условно, 50 лет без отключений, без затрат на замену или устранение потерь — это же хорошо.

Пару лет назад в Сибири был реализован нестандартный на тот момент проект по оснащению переходов через реку Лена. Посредником выступала компания «Локус», тогда она была межрегиональной, сейчас работает под холдинговым статусом. Компания привлекла к проекту зарубежного производителя PLP (ПЛП Рус) с более чем 70-летней историей, чьей практике испытаний верил весь мир, а теперь признает и российская энергетика: спрос на гасители вибрации, спойлеры постоянный.

Посредник объективен по отношению к цене по той причине, что он не зависит ни от кого — ни от конкретного бренда, ни от продукта, ни от заказчика. В этом его честность по отношению к рынку.

«Локус», как посредник, уже более 25 лет продвигает в России сразу несколько брендов: «PLP», «ZTT», «Болид», «Электросетстройпроект» и другие. Он не единственный на российском рынке электроэнергетики, к счастью, посредники есть и до сих пор продолжают решать задачи рынка: это «Росэнергоресурс», «Хорда», «РОСЭК», «Химпроминвест», «Энергоплан», «СИП кабель», «Русский свет» и другие. Посредники независимы ни от продукта, ни от заказчика, ни от конкретного бренда, отсюда действительная объективность по отношению к цене и честность по отношению к рынку. Посредники находятся рядом: когда стройке не хватает оборотных средств, в ход идут все возможные финансовые инструменты. И они же берут на себя все связанные с этим риски. Находят среди массы вариаций продукт с тем же качеством, но дешевле, предлагают энергосберегающие варианты. Главная их функция остается неизменной: быть проводником технологий и иммунитетом рынка, в первую очередь, по отношению к формированию справедливой цены.

Правильный расчет

Илья Смирнов, технический эксперт, преподаватель «ВОЛС. Эксперт»

Статья печатается с разрешения <https://vols.expert/>

Оптический кабель, как правило, является дополнительным элементом ВЛ. При подвесе ОКСН на действующих воздушных линиях всегда возникают дополнительные нагрузки, которые не были учтены при расстановке опор на этапе проектирования ВЛ, а также при выборе и расчете фундаментов или закреплений в грунте. Если в проектной документации не провести расчет допустимых нагрузок на опоры, то в процессе эксплуатации, это может привести к выходу из строя не только линии связи, но и к аварийной ситуации на линии электропередачи, перебоям с поставкой электроэнергии потребителям и длительному и дорогостоящему восстановительному ремонту.

Расчет нагрузок на опору от подвеса ВОК

В связи с этим при проектировании подвеса волоконно-оптических кабелей на ВЛ следует определять суммарные расчетные нагрузки на конструкции опор от всех фазных проводов, грозозащитного троса и ВОК с учетом ветровых нагрузок и гололедных отложений и сопоставлять их с допустимыми. В случае превышения нагрузок рекомендуется усиление опор, фундаментов или закреплений в грунте, замена опор или уменьшение пролетов путем подстановки новых опор.



Рис. 1. Упавшая опора ВЛЭП

До середины 1960-х годов в СССР расчет стальных и деревянных опор производился по *методу допускаемых напряжений*, а расчет железобетонных опор и оснований фундаментов опор из любого материала — по методу разрушающих нагрузок. В настоящее время расчет опор и их оснований производится по новому методу — *методу предельных состояний*.

Опоры, фундаменты или закрепления в грунте должны быть рассчитаны на сочетания расчетных нагрузок нормальных режимов по первой и второй группам предельных состояний, а также аварийных и монтажных режимов ВЛ по первой группе предельных состояний. Расчет следует выполнять для каждого типа опоры, фундамента или закрепления в грунте. При подвесе ОКСН или ОКГТ в междоузельном пространстве, если нагрузки от них являются дополнительными, то в проекте должны быть представлены результаты расчетов опор, фундаментов или закреплений в грунте на нагрузки от ОК.

Предельные состояния, по которым производится расчет фундаментов или закреплений в грунте опор ВЛ, подразделяются на две следующие группы:

Первая группа включает предельные состояния, которые ведут к потере несущей способности элементов или к полной непригодности их в эксплуатации, то есть к их разрушению любого характера. К этой группе относятся состояния при наибольших внешних нагрузках и при низшей температуре, то есть при условиях, которые могут привести к наибольшим изгибающим или крутящим моментам на опоры, наибольшим сжимающим или растягивающим усилиям на опоры и фундаменты.

Вторая группа включает предельные состояния, при которых возникают недопустимые деформации, перемещения или отклонения элементов, нарушающие нормальную эксплуатацию, к этой группе относятся состояния при наибольших прогибах опор.

Метод расчета по предельным состояниям имеет целью не допускать, с определенной вероятностью, наступления предельных состояний первой и второй групп при эксплуатации, а также первой группы при строительстве ВЛ.

При разработке проектной документации оформленные результаты расчета нагрузок от ОК на опоры каждого типа должны содержать:

- 1) Титульный лист с указанием титула и наименования ВЛ; схемы с местом крепления ОК на опоре с размерами; информацию о ПО, в котором рассчитаны нагрузки; при расчете нагрузок без применения программных средств должны быть приведены ссылки на нормативные документы и справочную литературу, в соответствии с которой выполнен расчет; должны быть указаны номер и тип опоры; климатические условия расчета (ветровое давление, толщина стенки гололеда), региональные коэффициенты или коэффициенты перегрузки; схема расположения векторов вертикальной, поперечной и продольной составляющих, из которой однозначно понятно в какой системе координат («провод» или «опора») получены нагрузки; должны быть указаны длины пролетов, смежных с рассчитываемой опорой; типы фазных проводов, ГТ и/или ОКГТ, ОКСН, ОКНН и ОКФП, подвешенных до и после рассчитываемой опоры.

2) Первый лист отчета для промежуточной опоры должен содержать расчет на сочетание расчетных нагрузок нормальных и аварийных режимов по первой группе предельных состояний.

3) Первый лист отчета для анкерно-угловой опоры должен содержать расчет на сочетание расчетных нагрузок нормальных, аварийных и монтажных режимов по первой группе предельных состояний.

4) Второй лист отчета для промежуточной, а также анкерно-угловой опоры, должен содержать расчет на сочетание расчетных нагрузок нормальных режимов по второй группе предельных состояний.

Расчет дополнительных нагрузок на опору от подвеса ВОК

Нагрузки, соответствующие условиям эксплуатации конструкции или сооружения, называются нормативными нагрузками. В расчетах опор и их оснований принимают расчетные нагрузки, получаемые путем умножения нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузки. Эти коэффициенты определены в зависимости от вероятности превышения нагрузок различных видов и от состояния линии, так называемого режима.

При расчете дополнительных нагрузок на опору от подвеса ВОК следует рассматривать следующие режимы работы:

- **Нормальный режим.** Ветра нет, гололеда нет.
- **Режим максимального ветра под углом 45° к линии.** Ветровой напор 100 % под углом 45° к линии, гололеда нет.
- **Режим максимального ветра перпендикулярно линии.** Ветровой напор 100 % перпендикулярно линии, гололеда нет.
- **Режим гололеда с ветром.** Ветровой напор 25 % перпендикулярно линии, максимальный гололед.
- **Аварийный режим.** Одностороннее тяжение (обрыв оптического кабеля), ветер и гололед отсутствуют.
- **Монтажный режим.** Для промежуточной опоры: ветер и гололед отсутствуют, учитываются вес монтажной оснастки и монтажника. Для анкерной опоры: одностороннее тяжение, ветер и гололед отсутствуют, учитываются вес монтажной оснастки и монтажника.

На опору от подвеса на нее ВОК будут действовать 3 типа сил:

- **G** — вертикальная сила, обусловленная силой тяжести ВОК, гололеда и монтажника;
- **P** — горизонтальная поперечная сила, обусловленная воздействием ветра на ВОК;
- **T** — горизонтальная продольная сила, тяжение ВОК в нижней точке кривой провеса.

Итоговое тяжение кабеля **H** — это суперпозиция этих сил.

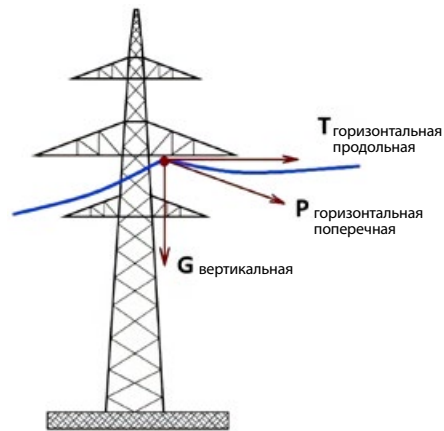


Рис. 2. Дополнительные силы, прикладываемые к промежуточной опоре со стороны оптического кабеля

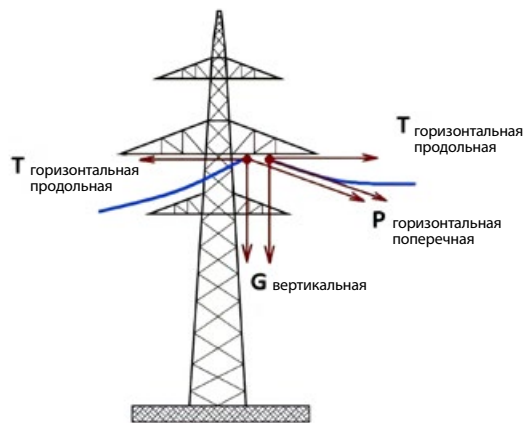


Рис. 3. Дополнительные силы, прикладываемые к анкерной опоре со стороны оптического кабеля

Алгоритм расчета сводится к следующему: находятся нормативные нагрузки, действующие на опору в рассматриваемом режиме, затем эти нагрузки умножаются на коэффициенты и получаются значения расчетных нагрузок. Расчетные нагрузки от ВОК в сумме с расчетными нагрузками от троса и проводов сравниваются с допустимыми нагрузками для конкретной опоры.

Нормативные нагрузки на опору

Нормативная горизонтальная продольная нагрузка **T** ищется как проекция тяжения **H** на горизонтальную продольную ось.

$$T = H \cdot \cos \alpha,$$

где:

α — угол между вектором тяжения **H** и горизонтальной продольной осью.

$$\tan \alpha = \frac{4 \cdot S}{L},$$

где:

S — стрела провеса в рассматриваемом режиме, найденная из механического расчета ВОК,

м;

L — длина пролёта, м.

Расчет вертикальной нагрузки на опору в рассматриваемом режиме, обусловленном силой тяжести ВОК и гололеда **G**, выполняется не через проекцию тяжения на вертикальную ось, а напрямую, используя расчет, приведенный в ПУЭ. Следует помнить, что весовая нагрузка в пролете распределяется на обе опоры поровну, если точки подвеса расположены на одной высоте. В общем случае весовая нагрузка от ВОК действует на опору от точки закрепления на опоре и до самой нижней точки кривой провеса кабеля.

Нормативную горизонтальную поперечную нагрузку, обусловленную воздействием ветра на ВОК Р, можно найти не через проекцию тяжения на горизонтальную поперечную ось, а также напрямую. Следует помнить, что ветровая нагрузка в пролете распределяется на обе опоры поровну.

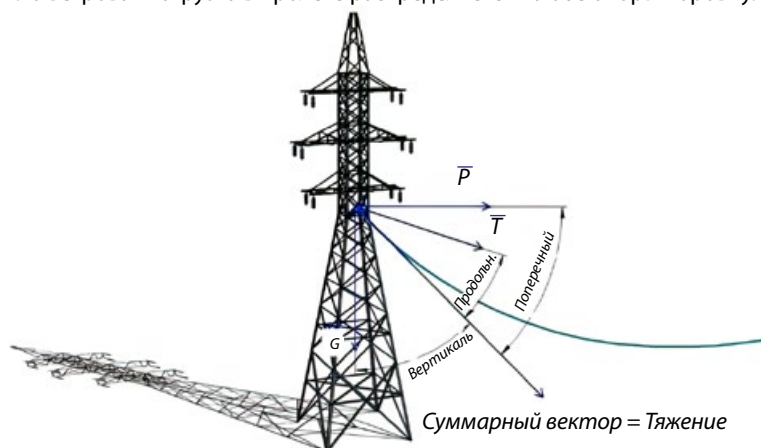


Рис. 4. Суммарный вектор нагрузки H , направленный вдоль кабеля

Расчетные нагрузки на опору

Расчетные нагрузки рассчитываются путем умножения нормативных нагрузок на следующие коэффициенты.

Горизонтальная поперечная нагрузка P умножается на:

- γ_{nw} — коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1,0 — для ВЛ до 220 кВ; 1,1 — для ВЛ 330–750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;
- γ_{fp} — коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,3 при расчете по первой группе предельных состояний и 1,1 при расчете по второй группе предельных состояний;
- γ_p — региональный коэффициент, принимаемый от 1 до 1,3. Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование. В большинстве случаев равен единице.

Вертикальная нагрузка G умножается на:

- γ_{nw} — коэффициент надежности по ответственности, принимаемый равным: 1,0 — для ВЛ до 220 кВ; 1,3 — для ВЛ 330–750 кВ и ВЛ, сооружаемых на двухцепных и многоцепных опорах независимо от напряжения, а также для отдельных особо ответственных одноцепных ВЛ до 220 кВ при наличии обоснования;
- γ_{fg} — коэффициент надежности по гололедной нагрузке равный 1,6 для районов по гололеду III и выше;
- γ_d — коэффициент условий работы, равный 1 при расчете по первой группе предельных состояний и 0,5 при расчете по второй группе предельных состояний;
- γ_p — региональный коэффициент, принимаемый равным от 1 до 1,5. Значение коэффициента принимается на основании опыта эксплуатации и указывается в задании на проектирование. В большинстве случаев равен единице.

Горизонтальная продольная нагрузка T умножается на:

- γ_{ft} — коэффициент надежности по нагрузке от тяжения, равный 1,3 при расчете по первой группе предельных состояний и равный 1 при расчете по второй группе предельных состояний.

Момент силы на основание опоры

В расчете момента, действующего на основание опоры, принимаются только горизонтальная поперечная и продольная силы (P и T). Находится их суперпозиция и умножается на высоту подвеса ВОК.

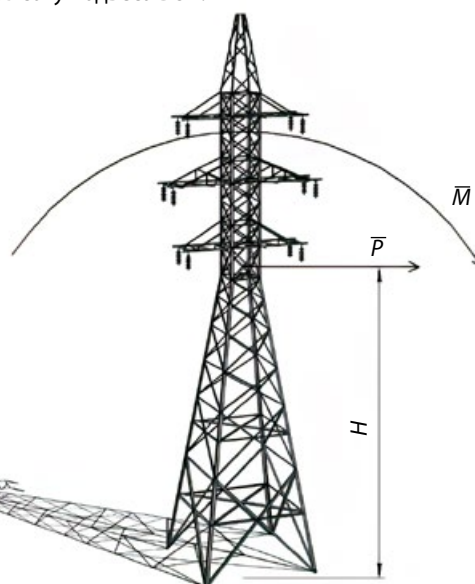


Рис. 5. Момент силы M на основание опоры

Дополнительные нагрузки на опору от ОКГТ

Такие нагрузки возникают и требуют расчета в том случае, если ОКГТ больше и тяжелее грозотроса по типовому проекту. В большинстве случаев ОКГТ легче троса, так как ОКГТ производится из стальных проволок, плакированных алюминием и проволок из алюминиевого сплава.

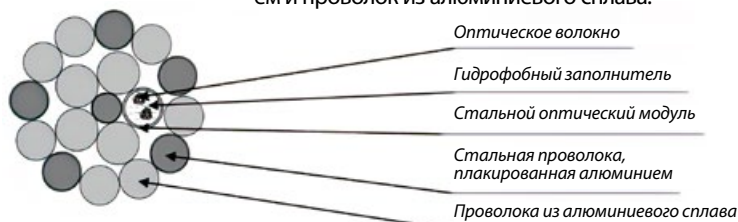


Рис. 6. Схематичное изображение сечения ОКГТ

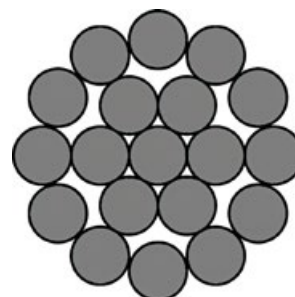


Рис. 7. Схематичное изображение сечения ГТК



СОЮЗ "БЕЛГОРОДСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА"



БЕЛЭКСПОЦЕНТР

4-6 августа 2021

XVI БЕЛГОРОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

**XVII межрегиональная
специализированная выставка**

BeIBUILD

Раздел

**ЭНЕРГЕТИКА.
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.
ЭКОЛОГИЯ**



ВКК "БЕЛЭКСПОЦЕНТР", г. Белгород, ул. Победы, 147а

Тел.: (4722) 58-29-48, 58-29-51, 58-29-68, 58-29-41

E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru

Дополнительные нагрузки на опору от ОКФП

Считаются только в случае, если величины диаметра и веса ОКФП больше, чем у провода на 10 % и выше.

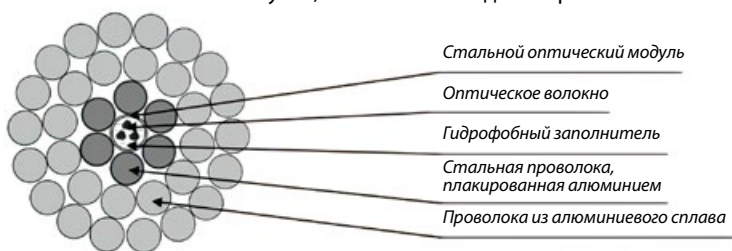


Рис. 8. Схематическое изображение сечения ОКФП

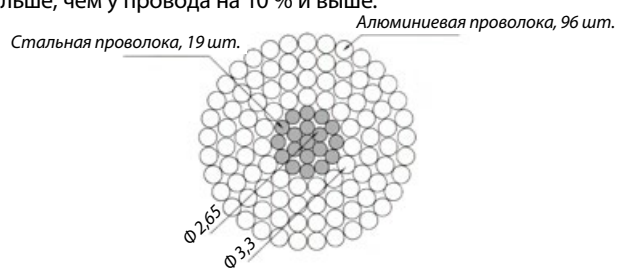


Рис. 9. Схематическое изображение сечения фазного провода

Дополнительные нагрузки на опору от ОКНН

Учитываются:

1. Нагрузка на провод/трос от ОКНН с учетом увеличения воздействия гололеда и ветра;
2. Временное воздействие монтажного оборудования (навивочной машины).

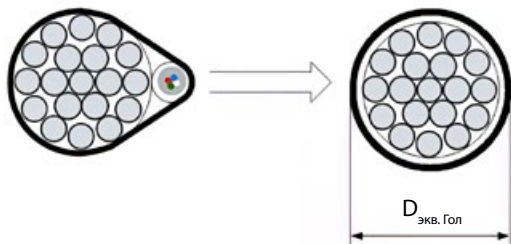


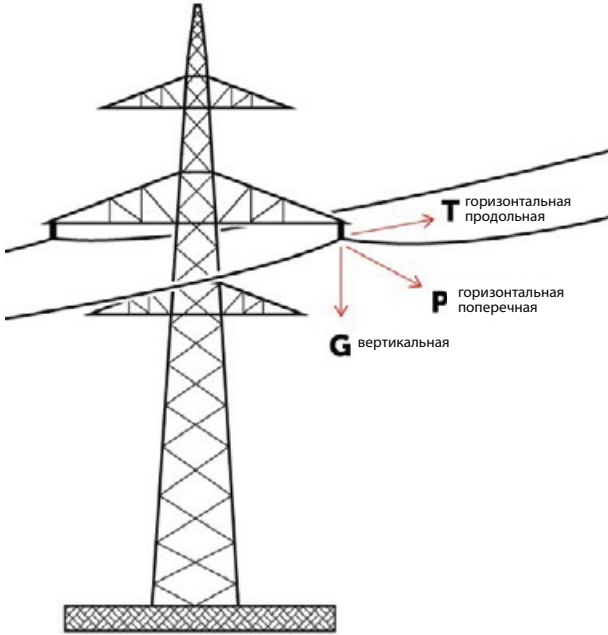
Рис. 10. Для расчета ОКНН используется эквивалентный диаметр ГТК



Рис. 11. Применение навивочной машины

Пример расчета нагрузок на опору

Исходные данные

Титул: _____ Наименование ВЛ: _____ ПО: ВОЛС.ЭКСПЕРТ		Опора №: _____ Марка опоры: _____ Тип опоры: Поддерживающая	
Район по ветру	1		
Район по гололеду	2		
Нормативное ветровое давление, Па	400		
Нормативная толщина стенки гололеда, мм	15		
Высота точки крепления кабеля, м	15		
Тип местности	A		
Длины пролетов			
L слева = 190 м	L справа = 200 м		
Монтажное тяжение			
H = 2 997Н			
Марка кабеля			
ДПТ-П-36У(4х8)(1х4)-12кН			
Коэффициент надежности по ответственности для ветровой нагрузки — 1.0 Коэффициент надежности по ответственности для гололедной нагрузки — 1.0 Региональный коэффициент по гололеду — 1 Региональный коэффициент по ветру — 1			

	I группа предельных состояний				II группа предельных состояний			
	Горизонтальная поперечная нагрузка, Н	Вертикальная нагрузка, Н	Горизонтальная продольная нагрузка, Н	Момент силы на основание опоры, Н	Горизонтальная поперечная нагрузка, Н	Вертикальная нагрузка, Н	Горизонтальная продольная нагрузка, Н	Момент силы на основание опоры, Н
Нормальный режим	0	390	0	0	0	195	0	0
Режим максимального ветра под углом 45° к линии	794	390	0	11 909	672	195	0	10 077
Режим максимального ветра перпендикулярного линии	1 207	390	0	18 101	1 021	195	0	15 316
Режим гололеда с ветром	2 619	3 887	0	39 280	2 216	1 944	0	33 237
Режим одноосного тяжения (односторонний обрыв)	0	390	3 897	58 448	0	195	2 997	44 960
Монтажный режим (вес монтажника с оснасткой)	0	1 370	0	0	0	1 175	0	0

Методика расчета:

Опоры, фундаменты или закрепления в грунте должны быть рассчитаны на сочетания расчетных нагрузок нормальных режимов по первой и второй группам предельных состояний, а также аварийных и монтажных режимов ВЛ по первой группе предельных состояний. [4]

При подвесе ОКГТ в межфазном пространстве или ОКСН — если нагрузки от них являются дополнительными, то в разделе должны быть представлены результаты расчетов опор, фундаментов или закреплений в грунте на нагрузки от ОК. [3]

Нормативные и расчетные нагрузки рассчитываются в соответствии с [1]. Рассмотрим пример расчета нормативных нагрузок, действующих со стороны оптического кабеля в нормальном режиме II.

Нормативная ветровая нагрузка на оптический кабель, действующая перпендикулярно линии $P_n = \alpha_w \cdot K_l \cdot K_w \cdot C_x \cdot W \cdot F \cdot \sin^2 \varphi$ Н, где α_w — коэффициент, учитывающий неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ; K_l — коэффициент, учитывающий влияние длины пролета на ветровую нагрузку; K_w — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте в зависимости от типа местности; C_x — коэффициент лобового сопротивления; φ — угол между направлением ветра и осью ВЛ.

Площадь продольного диаметрального сечения оптического кабеля с учетом гололеда: $F = (d_o + 2 \cdot K_i \cdot K_d \cdot C) \cdot L$ м².

Нормативная линейная гололедная нагрузка на 1 м оптического кабеля:

$G_f = \pi \cdot K_i \cdot K_d \cdot C (d_o + K_i \cdot K_d \cdot C) \cdot \rho \cdot g$ Н/м, где ρ — плотность льда, кг/м³; g — ускорение свободного падения м/с².

Нормативная вертикальная нагрузка:

$G_n = (m_o g + G_f) \cdot L_w$ Н.

За нормативную горизонтальную продольную нагрузку в случае обрыва оптического кабеля считаем монтажное натяжение (натяжение, заданное при монтаже), не компенсированное натяжением оборванной стороны $T_n = H$.

Расчетные нагрузки рассчитываются путем умножения нормативных нагрузок на следующие коэффициенты [1].

1) Вертикальная нагрузка умножается на:

- а) γ_{nw} — коэффициент надежности по ответственности линии равный 1 для линий до 220 кВ;
- б) γ_{fg} — коэффициент надежности по гололедной нагрузке равный 1,6 для районов по гололеду III и выше;
- в) γ_d — коэффициент условий работы, равный 1 при расчете по первой группе предельных состояний и 0,5 для второй группы предельных состояний;
- г) γ_p — региональный коэффициент, равный 1.

2) Горизонтальная поперечная нагрузка умножается на:

- а) γ_{nw} — коэффициент надежности по ответственности линии равный 1 для линий до 220 кВ;
- б) γ_{fp} — коэффициент надежности по ветровой нагрузке, равный 1,3 при расчете по первой группе предельных состояний и 1,1 при расчете по второй группе предельных состояний;
- в) γ_p — региональный коэффициент, равный 1.

3) Горизонтальная продольная нагрузка умножается на:

γ_{π} — коэффициент надежности по тяжению, равный 1,3 при расчете по первой группе предельных состояний и равный 1 при расчете по второй группе предельных состояний.

Рассмотрим пример нахождения расчетных нагрузок, действующих со стороны оптического кабеля в нормальном режиме II:

• вертикальная нагрузка по I группе предельных состояний

$$G_I = G_n \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{fg} \cdot \gamma_d \cdot \gamma_p \text{ Н;}$$

• вертикальная нагрузка по II группе предельных состояний

$$G_{II} = G_n \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{fg} \cdot \gamma_d \cdot \gamma_p \text{ Н;}$$

• горизонтальная поперечная нагрузка по I группе предельных состояний

$$P_I = P_n \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{fp} \cdot \gamma_p \text{ Н;}$$

• горизонтальная поперечная нагрузка по II группе предельных состояний

$$P_{II} = P_n \cdot \gamma_{nw} \cdot \gamma_{fp} \cdot \gamma_p \text{ Н.}$$

Рассмотрим пример нахождения расчетных продольных нагрузок, возникающих при обрыве оптического кабеля:

• по I г.п.с.

$$T_I = T_n \cdot \gamma_{fT} \text{ Н;}$$

• По II г.п.с.

$$T_{II} = T_n \cdot \gamma_{fT} \text{ Н.}$$

Расчетные моменты силы, прикладываемые к основанию опоры находятся как умножение расчетной горизонтальной нагрузки на высоту приложения этой нагрузки. Найдем расчетный момент для режима обрыва оптического кабеля:

по I г.п.с.

$$M_I = T_I \cdot h_o \text{ Н.}$$

ЭС

Литература

- 1) ПУЭ, 7 издание.
- 2) Железобетонные опоры ВЛ 10 кВ. Типовые конструкции, изделия, узлы зданий и сооружений. Серия 3.407.1-143.
- 3) СТО 56947007-33.180.10.171-2014 Технологическая связь. Эталон проектной документации на строительство ВОЛС-ВЛ с ОКСН и ОКГТ.
- 4) СТО 56947007-33.180.10.172-2014 Технологическая связь. Правила проектирования, строительства и эксплуатации ВОЛС на воздушных линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше.
- 5) Крюков К. П., Новгородцев Б. П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. 2-е издание, переработанное и дополненное. Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1979. 312 с., ил.



Нестандартный взгляд на привычное

Оптический кабель самонесущий

Фото: Евгений Ланкин
Постановка и дизайн: Олеся Акулова
Визажист: Юлия Бобина
Модель: Юлия Резанова,
студентка Факультета современного танца
(Гуманитарный университет, Екатеринбург)

Редакция благодарит за предоставленные
для съемки платки и палантины
кафедру «Декоративно-прикладное искусство»
(художественный текстиль)
Института изобразительных искусств
при Уральском государственном
архитектурно-художественном
университете





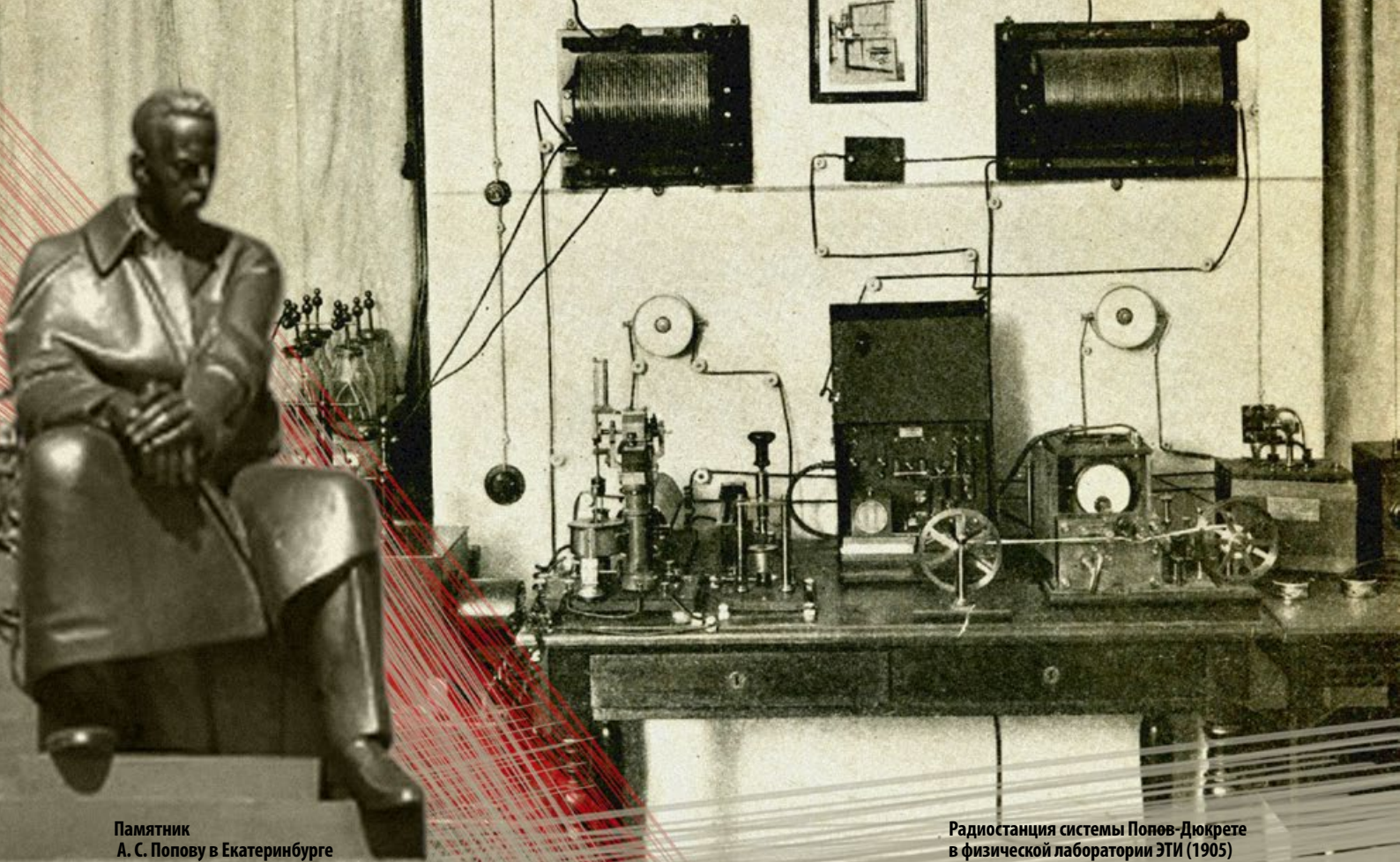












Памятник
А. С. Попову в Екатеринбурге

Радиостанция системы Попов-Дюкрете
в физической лаборатории ЭТИ (1905)

ИЗОБРЕТАТЕЛЮ
РАДИО
ПОПОВУ А С

Электротехник Попов

Татьяна Мосунова, заведомо PR Свердловского областного краеведческого музея им. О. Е. Клера

«Все радисты с детства знают тройку самых важных слов: «РТФ, УрФУ, Попов», так сегодня выглядит кричалка Радиотехнического факультета Уральского федерального университета. Появилась она давно, еще когда Федеральный университет был политехническим институтом. О том, что изобретатель радио Александр Степанович Попов был в первую очередь электротехником, а уже потом радистом, вспоминают чуть реже. Причем, он был не просто электротехником, а первым избранным ректором Электротехнического института в Санкт-Петербурге. С этого вуза началось все специализированное высшее электротехническое образование в Российской империи.

Электрический вуз

К середине XIX столетия появились первые электродвигатели и генераторы, электрический телеграф, началась передача электрической энергии по проводам. Теоретическая и экспериментальная наука об электричестве стала самым изучаемым разделом физики. Электрическая революция происходила так же стремительно как в конце XX века стали развиваться интернет и сотовая связь. К профессиям, связанным с применением электричества, еще не было доверия, и первые обучающие курсы были факультативны и связаны с подготовкой специалистов для телеграфа. В 1886 году в Санкт-Петербурге состоялось открытие технического

училища почтово-телеграфного ведомства — первого в России специализированного учебного заведения связи. Через пять лет училище было преобразовано в Электротехнический институт. 1891 год можно считать временем появления высшего электротехнического образования в России. Избранным ректором этого вуза стал уралец, изобретатель радио — Александр Попов, и это избрание стоило ему жизни.

Борода Попова

Большинство россиян знают, как выглядел изобретатель радио Александр Попов: мужчина средних лет, в строгом костюме с бородкой клинышком. Хотя борода довольно частый мужской атрибут того времени (вспомним Льва Толстого, Антона Чехова, Федора Достоевского), но у Александра Попова она была еще и символом несостоявшейся профессии. Он происходил из семьи потомственных священников, несколько поколений служивших на Урале. Даже сама фамилия изобретателя радио указывает на род занятий его предков. Как известно, православная традиция требует от священника наличия бороды. Вот Попов и привык к ней. Сословная структура царской России была так устроена, что духовенство в XIX веке стало почти замкнутой кастой. Сыновьям священников было проще всего стать священниками, но дети Стефана (Степана) и Анны Поповых порвали этот шаблон. У Александра Попова было 13 братьев и сестер. Правда, до взрослого возраста дожило всего семь: пять девочек и два мальчика.

Чаще всего россиян очень интересует вопрос: кто же в действительности изобрел радио: Маркони или Попов? А история самого изобретателя и его семьи остается в тени. Но человеческая жизнь и ее достижения — это цепь случайностей и вытекающих из этого последствий, поэтому нам показалось интересным рассказать о том, кем был Александр Попов, и как он взмог на электротехнический Олимп.

Поповский сын

Отец Александра Попова любил рисковать и презирал суеверия. Незадолго до рукоположения он отправился на поиски невесты... к свахе. По правилам жениться будущий священник может только до рукоположения. Стефан Попов, которого называли в честь уральского святителя Стефана Пермского, попросил найти ему подходящую девушку. Попов обещал невесте служить всей своей жизнью. Свадьбу, вопреки всем суевериям, что в мае жениться — всю жизнь маяться, назначил через неделю после знакомства на 13 мая 1847 года. Священник Попов получил приход на северном Урале в Туринских рудниках (ныне город Краснотурьинск), именно там 4 (16) марта 1859 года и родился его второй сын — Александр. Всю жизнь Стефан Петрович прослужил на Урале, после Туринских рудников переехал в Богословский завод (Карпинск). Священником он был хорошим, а отцом понимающим. Из семерых детей только две дочери вышли замуж за священников, остальные дети захотели получить светское образование, и отец им не только не препятствовал, но и всячески помогал. Он вообще был поборником просвещения. Стефан Попов открыл и «...содержал в доме своем девичью школу на свой счет, занимаясь обучением девочек грамоте и закону божию безвозмездно, в количестве более 25», во всем помогала ему жена, выбор которой он доверил случаю.



Анна и Стефан Поповы

Когда священник умер, местная газета написала: «Покойный вполне заслужил, чтобы его вспомнить добрым словом: это была одна из тех симпатичнейших личностей, которые встречаются все реже и реже. Большую часть своего служения о. протоиерей посвятил Дальнему Северу нашего Урала (...). Строго исполнительный по отношению к своим обязанностям, чрезвычайно мягкий характером, приветливый, простой и непритязательный, с первых же пор, он сразу приобрел любовь и расположение прихожан и своих сослуживцев.

Состояния покойный никакого не оставил: все, что он получал, шло на воспитание детей и их устройство. Из семи человек детей, двум сыновьям после семинарии он дал университетское образование, одной из дочерей — медицинское, а другой в Академии художеств». Для своего времени у Степана Попова были очень прогрессивные взгляды. Старший сын — Рафаил стал филологом, много писал для столичных изданий, даже издавал собственную газету. В 1860-х написал основательный «Путеводитель по Петербургу», выдержавший несколько изданий и двухтомный путеводитель по Северо-Западной России. Одна из дочерей уральского священника — Августа стала ученицей Репина, выпускницей Академии художеств. Она вышла за племянника Дмитрия Менделеева, физика Федора Капустина. Несколько лет провела с ним в Томске, где он работал в Томском университете, затем, в 1909 году, пара вернулась в Санкт-Петербург. В конце 1911 года Августа Попова была избрана делегатом от Сибири на Всероссийский съезд художников. Анна Попова окончила женский медицинский институт в Петербурге. В то время он не давал высшего образования и права работать врачом, Анна стала акушеркой. Вышла замуж за врача Павла Ижевского. Ее муж очень подружился с Александром Поповым.

Даже для сегодняшнего дня биографии Поповых звучат очень впечатляюще. Родились в глухой провинции, сделали карьеру, оставили после себя заметный след. Александр Попов взял от родителей многое: скромность, работоспособность, умение без жалоб переносить трудности, уравновешенность.

Из семинарии в университет

По традиции того времени Александр Попов начал образование в девять лет. Сначала Духовные училища в Шадринске и Екатеринбурге, затем семинария в Перми. Получить аттестат зрелости, который давал право на поступление в вуз, можно было только после курса в среднем учебном заведении, для Попова это была Духовная семинария. Учился он отлично. Церковь много потеряла, упустив такого священника. 31 августа 1877 года Александр без экзаменов был принят в Санкт-Петербургский университет на физико-математический факультет. Северная столица испытывает провинциалов, немногие эту проверку проходят. На второй год обучения Попов тяжело заболел, из-за чего лишился государственной стипендии. Накопилась академическая задолженность по математике. Чтобы содержать себя и продолжать учиться студент Попов стал репетитором.

Любовь по объявлению

Болезнь значительно сократила жизнь Попова, но помогла ему встретить любовь. На его объявление репетитора откликнулась дочь юриста Алексея Богданова Раиса. В XXI веке никого не удивляет, что женщины имеют равные права с мужчинами, но в 1870-х годах высшее образование могли получить только очень мотивированные женщины. Отец Раисы Богдановой решил, что его дочь должна учиться. Чтобы поступить в вуз, девушке нужно было сдать экзамены за курс мужской классической гимназии. Женские гимназии не давали полного среднего образования. Александр Попов начал заниматься с Раисой, но вскоре произошла трагедия, умер ее отец и у семьи не осталось средств к существованию. Александр продолжил готовить девушку к экзамену безвозмездно. Эта цепь случайностей: болезнь Попова, лишение стипендии, поиск учеников, внезапная смерть отца Раисы, положили начало крепкому семейному союзу. В 1883 году Александр и Раиса поженились. Первые три года брака прошли на расстоянии: Александр жил в Кронштадте, работал в Минно-офицерских классах, Раиса училась на Высших женских медицинских курсах при Николаевском военном госпитале. Она стала одной из первых в России дипломированных женщин-врачей. И к слову сказать, без ее зарплаты семье Поповых пришлось бы очень нелегко. Александр был увлечен наукой, но поддержки от государства не получал, большинство необходимых приборов приходилось покупать на собственные средства. Раиса работала в Кронштадтском военно-морском госпитале, преподавала гигиену и естествознание, была школьным врачом. У супругов родилось четверо детей: два мальчика и две девочки. Поповы жили дружно, дети никогда не видели, чтобы родители ссорились или повышали голос друг на друга. Иногда Раиса Алексеевна ворчала на мужа, что он слишком громко поет свои любимые арии из оперы Глинки «Руслан и Людмила», тогда Попов начинал их насвистывать. После изобретения радио в 1895 году у Александра Степановича возникла обширная зарубежная переписка. Хорошо зная иностранные языки, Раиса Алексеевна помогала мужу и в этом деле.

Монтер Попов

Пока семейная жизнь четы Поповых налаживалась, Александр уже определил направление, которое будет ему интересно — электротехника. Не только для России, но и для всего мира эта область физики была экспериментальной и многообещающей.

Еще когда Попов учился в университете, в Петербурге открылась Первая электротехническая выставка, а в Русском техническом обществе был организован новый Электротехнический отдел. Студента Попова пригласили работать на выставке «объяснителем». Это была прекрасная возможность изучить все, что касалось развития и состояния электротехники того времени и познакомиться с ведущими учеными, работающими в этой сфере, — Дмитрием Лачиновым, Александром Лодыгиным, Павлом Яблочковым. 1880 год вообще оказался важным для развития электротехнической мысли: в мае вышел в свет первый номер журнала «Электричество», было организовано Товарищество «Электротехник», выполнявшее работы по электрическому освещению улиц, садов и общественных учреждений Петербурга. Попов поступил в Товарищество монтером. Детство на уральском заводе дало свои плоды. Чтобы вникнуть в проблему, Попов изучал не только теорию, но и практическую сторону вопроса. Для этого он обучился токарному, слесарному и стеклодувному делу, все это потребовалось для изготовления экспериментальных приборов. Когда Попов начал преподавать, у него было всегда самое большое число наглядных пособий и действующих макетов, об этом говорили все, кто бывал на его лекциях. Физик Попов хорошо знал химию и другие смежные науки. Когда он увлекся фотографией, то сам изготавливал реактивы и фотобумагу. Несмотря на широкий спектр возможностей, Попов определился с выбором. В ноябре 1882 года он защитил диссертацию на тему «О принципах динамоэлектрических машин постоянного тока». Его первая научная статья «Условия наивыгоднейшего



Александр и Раиса Поповы с детьми



Кабинет электрической сигнализации в Электротехническом институте



Лаборатория физики в Электротехническом институте

действия динамоэлектрической машины» была опубликована в сентябрьском номере журнала «Электричество» за 1883 год. В отличие от Православной Церкви, университет не упустил талантливого выпускника и предложил ему готовиться к получению профессорского звания.

Главный по свету на российском ЭКСПО

Летом 1883 года Александр Попов принял приглашение занять место преподавателя и заведующего физическим кабинетом в Минном офицерском классе в Кронштадте. На решение повлияло не обещанное жалование в 100 рублей — не слишком большое для того времени, а прекрасно оборудованный физический кабинет и хорошая библиотека. Материальный вопрос всегда остро стоял для выходца из не слишком обеспеченной семьи Александра Попова. Работа в Минном классе по вольному найму означала, что пенсии впоследствии он не получит. Попову пришлось взять вторую ставку преподавателя по электричеству в Морском Техническом училище. Он вообще старался заработать, где только мог.

Интересным фактом в биографии Попова была его работа на главном российском ЭКСПО — Нижегородской ярмарке. Она работала в летние месяцы, и на лето, во время каникул, Александр Попов отправлялся в Нижний Новгород. Чтобы понимать — эта ярмарка была не обычной забавой с петушками на палочках и каруселями — в Нижнем Новгороде осуществлялись главные экономические сделки России, вторым таким важным пунктом оптовой торговли была зимняя ярмарка в Ирбите. На несколько летних месяцев в город на слиянии Волги и Оки перемещалась деловая элита страны. Российское ЭКСПО было прогрессивным: еще в 1860-х годах на территории ярмарки было установлено 650 фонарей, а к 1885 году появилось электрическое освещение зданий и улиц.

С 1889 по 1898 год в летние месяцы, свободные от занятий, Александр Попов заведовал электростанцией, обслуживавшей Нижегородскую ярмарку. За сезон он получал 2500 рублей — вдвое больше годовой ставки преподавателя. С его приходом работа станции заметно улучшилась. Опыт работы на Нижегородской электростанции дал Попову материал для составления учебника по электрическим машинам, изданному в 1897 году Морским ведомством.

На открытии XVI художественно-промышленной выставки (1896), проходившей в присутствии императора Николая II, на всех присутствующих большое впечатление произвела праздничная иллюминация. Александр Попов являлся членом



Грозоотметчик А. С. Попова

жюри электротехнического отдела этой выставки, за что был удостоен благодарности министра финансов Сергея Витте. К этому времени он уже был изобретателем радио, но его очень интересовала гроза, как природное явление. На выставке 1896 года в сельскохозяйственном отделе демонстрировался «Прибор для записи электрических разрядов в атмосфере» Александра Попова. Эксперт по метеорологии оценил прибор как «оригинальный и прекрасный». Попов был награжден дипломом второго разряда «За изобретение нового и оригинального инструмента для исследования гроз».

Необходимость проявлять смекалку, приводила Попова к новым изобретениям. В августе 1887 года Александр Попов участвовал в экспедиции Русского Физико-Химического общества в Красноярске для наблюдения полного солнечного затмения. Он разработал методику фотометрических исследований, сконструировал и изготовил фотометр для фотосъемки солнечной короны.

Грозоотметчик

Исследование грозы привело Александра Попова к изобретению радио. В 1890 году он увлекся опытами Генриха Герца, и сконструировал собственный прибор — грозоотметчик. Попов в то время читал лекцию «Новейшие исследования о соотношении между световыми и электрическими явлениями».

Большой бедой Александра Попова было то, что чиновникам Морского ведомства, в котором он служил, проще было работать с уже готовыми иностранными приборами, чем вкладываться в опыты собственных изобретателей. Но все же в 1893 году Морское министерство командировало Попова на Всемирную выставку в Чикаго, посвященную 400-летию открытия Америки. Делегация следовала по маршруту Берлин — Париж — Лондон — Нью-Йорк — Чикаго. Попову это дало возможность увидеть, как работают ведущие электротехнические предприятия Европы и Америки. В Париже он был принят во Французское физическое общество (это давало возможность регулярно получать его информационные материалы). В Чикаго посетил университет, электротехнический институт, Филадельфийский завод Электротехнической компании. На выставке он увидел и демонстрацию опытов Николы Теслы, с работами которого был уже знаком. Эта поездка стала толчком для его собственных опытов и изобретений.

Весной 1895 года Попов занялся воспроизводством опытов англичанина Оливера Лоджа. Попов изобрел новую схему автоматического восстановления чувствительности когерера (устройство, применявшееся в качестве детектора в первых по времени радиоприемниках). В цепь с когерером было включено реле, обеспечивавшее подключение исполнительного устройства — электрического звонка, молоточек которого бил по трубочке, встряхивая опилки и восстанавливая сопротивление когерера после приема каждой посылки затухающих электромагнитных колебаний. В зависимости от замыкания телеграфного ключа прерывателя посылка могла быть короткой или продолжительной. Задача обеспечения беспроводной связи была принципиально решена.

7 мая 1895 года на заседании Физического отделения Русского Физико-Химического общества Попов выступил с докладом «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». Свой доклад он закончил словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор, при дальнейшем усовершенствовании его, может быть применен к передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний...».

Электростанция на Нижегородской ярмарке (фото А. С. Попова)



Большая золотая медаль, врученная А. С. Попову на Всемирной выставке в Париже



Конкуренция и спасение жизни

День, который стал впоследствии праздником российских радиотехников, не слишком изменил привычную жизнь Александра Попова. Наверное, даже ее усложнил. Теперь нужно было доказать чиновникам Морского ведомства, что это изобретение необходимо для флота. Попов увлекся новым направлением: открытием Рентгеном X-лучей. В феврале 1897 года он изготовил один из первых в России рентгеновских аппаратов. Делал снимки различных предметов, в том числе снимок руки человека. При его поддержке в Кронштадтском военно-морском госпитале в 1897 году был оборудован рентгеновский кабинет, впоследствии некоторые боевые корабли были оснащены рентгеновскими аппаратами.

Вернуться к работе над передачей сигналов с помощью электрических колебаний его заставили появившиеся публикации о работах Гульельмо Маркони, который хотел закрепить за собой право изобретателя нового способа связи. В октябре 1897 года Попов выступает с заявлением: «В течение целого года я не возвращался к опытам на открытом воздухе и занимался различными испытаниями приборов в лаборатории. Осенью 1896 года дошли из Англии газетные сведения, что Маркони под руководством Приса производит опыты сигнализации с помощью электромагнитных волн и достиг расстояния до ½ мили. (...) Но я лично был убежден, что в закрытых ящиках Маркони был помещен прибор, аналогичный с моим, и поэтому с марта этого года начал подготавливать приборы для опытов передачи сигналов с помощью электромагнитных волн на большие расстояния».

Между итальянцем Маркони и россиянином Поповым была разница в 15 лет. Попов совершил свое изобретение, которое мы считаем началом радиосвязи, в 36, после многих лет работы. Маркони увлекся электротехникой в 20, а в 21 уже сообщал об изобретении. Соперничество двух электротехников пошло на пользу науке, более смелый в планах и научных гипотезах Маркони, подстегнул более талантливого в изобретениях Попова.

В 1899 году изобретение Александра Попова впервые спасло жизни людей. Из-за ошибки командира броненосца береговой обороны «Генерал-Адмирал Апраксин» сел на камни около о. Гогланд. Корабль был новый и если бы весной пошел лед, то его раздавило бы. Телеграфной связи с материком не было. Прокладывать зимой подводный телеграфный кабель было дорого и сложно. Александру Попову поручили создать первую в мире радиопередачу по спасению боевого корабля. Радиопередача длиной 45 км начала работать в начале февраля 1900 года с сообщения, что от о. Лавенсаари оторвало льдину с рыбаками. С помощью радиосвязи была дана команда ледоколу «Ермак», он вышел в залив и спас 26 рыбаков.

Признание

В 1900 году Александр Попов отправился на Всемирную выставку в Париж. Там демонстрировался действующий грозоотметчик Александра Попова. За него изобретатель был награжден большой золотой медалью, а за корабельную радиостанцию производства Э. Дюкрете марки «Popoff-Ducrétet-Tisseau» — дипломом.

После парижского успеха Попову предлагают вернуться в Петербург. В 1901 году он занял должность ординарного профессора физики в Электротехническом институте императора Александра III. В 1901 году Попову был присвоен чин статского советника и почетное звание инженера-электрика. Его карьера идет на взлет.

В 1905 году в России после неудачной войны с Японией усиливаются волнения. В октябре император Николай II вынужден был дать стране конституцию и пойти на демократические уступки. Впервые за 20 лет в университеты были возвращены выборы ректора. Молодой Электротехнический институт не знал такой практики, ректора до этого назначал министр внутренних дел. Кандидатуру Попова стали усиленно продвигать на пост ректора. Сам Попов так писал об этом времени:

«...Сегодня у нас были два заседания, днем — профессором и вечером — академическое. Мне угрожает быть выбранным директором. На собрании предлагались всем составом (23 человека) кандидаты жела-

Рентгеновский аппарат, изготовленный А. С. Поповым, и выполненный на нем снимок руки



тельные. При этой баллотировке получил 16 голосов, Кракау — 9, Осадчий — 8. Есть, однако, надежда, что на Совете, который будет избирать директора в действительности, чаша сия меня может миновать, но надежды мало — поводов уважительных для отказа тоже не знаю. 24 сентября 1905 года».

Уралец Александр Попов стал первым избранным ректором Электротехнического факультета. Сейчас об этом извещает памятная доска на фасаде здания. Но участь ректора накануне революции 1905 года была незавидна. На этом посту Попову пришлось встретиться с грубыми проявлениями полицейского насилия и пережить много оскорблений. После очередного бурного объяснения с Министром внутренних дел он почувствовал себя плохо, пришел домой и потерял сознание. В себя он так и не пришел. Умер через два дня в возрасте 46 лет.

Хоронили Попова со всеми почестями, но никто не взял на себя ответственности за раннюю смерть гениального изобретателя. У Попова осталась семья: жена и четверо детей, им предстояло пережить еще много тяжелых событий, но самым страшным был день внезапной смерти отца и мужа.

В молодой советской России не забыли об изобретателе и уже в 1925 году в первый раз торжественно отмечали 30-летний юбилей изобретения радио. Интересно, что в праздничный календарь День радио внесли накануне Победы в Великой отечественной войне — в мае 1945 года. Совнарком СССР издал постановление о праздновании 50-летия изобретения радио и установлении 7 мая Дня радио.

Увлечение электрическими явлениями и наблюдение за грозой, привели электротехника Александра Попова к поразительным изобретениям, которыми мы все сегодня пользуемся, а уральские студенты как заклинание повторяют слова «РТФ, УрФУ, Попов». ЭС





Международная выставка и конференция
по освоению ресурсов нефти и газа
Российской Арктики и континентального шельфа

21–24 СЕНТЯБРЯ 2021 • САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

WWW.RAO-OFFSHORE.RU

RAO/CIS OFFSHORE

**БИЗНЕС-МЕРОПРИЯТИЯ. КОНФЕРЕНЦИИ.
МОЛОДЁЖНАЯ СЕССИЯ.
БИРЖА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ.**

В ФОКУСЕ

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ**

- Обустройство нефтегазовых месторождений.
- Инновационные решения создания автономных источников генерации.
- Концептуальные разработки по созданию береговых энергетических инфраструктур для обеспечения работ по освоению углеводородных ресурсов шельфа Арктики.

Ключевые участники: Минэнерго России, Минпромторг России,
ГК «Росатом», НИЦ «Курчатовский институт».

4 ДНЯ делового общения

100+ спикеров

5000+ участников

Генеральный
спонсор:



Организатор:



тел.: +7 (812) 320 6363 (доб. 403, 404)
rao@rao-offshore.ru



МИР ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКСПОЗИЦИИ ВЫСТАВКИ

ИЮЛЬ / АВГУСТ / СЕНТЯБРЬ

Кения, Найроби / 01.07–03.07
«Solar Africa»
Выставка

Южная Корея, Кванджу / 08.07–10.07
«Solar, Wind & Earth Energy Trade Fair (SWEET)»
Выставка

США, Лонг-Бич / 14.07–16.07
«Intersolar North America»
Выставка и конференция

Австралия, Мельбурн / 21.07–22.07
«Enlit Australia»
Международная выставка и конференция

Индонезия, Джакарта / 21.07–23.07
«Indo Renergy Expo & Forum»
Международная выставка

Белгород / 04.08–06.08
«Энергетика. Ресурсосбережение. Экология»
17-я Межрегиональная специализированная выставка

Китай, Гуанчжоу / 16.08–18.08
«PV Guangzhou»
13-я Международная специализированная выставка

Турция, Стамбул / 17.08–19.08
«SET»
Международная конференция

Великобритания, Глазго / 18.08–19.08
«All-Energy»
Международная выставка и конференция

Франция, Париж / 21.08–25.08
«CIGRE»
Международный конгресс и выставка

Бразилия, Сан-Паулу / 24.08–26.08
«ees South America»
«Eletrotec + EM-Power South America»
Выставки

Мексика, Мехико / 07.09–09.09
«Intersolar Mexico»
Международная выставка и конференция

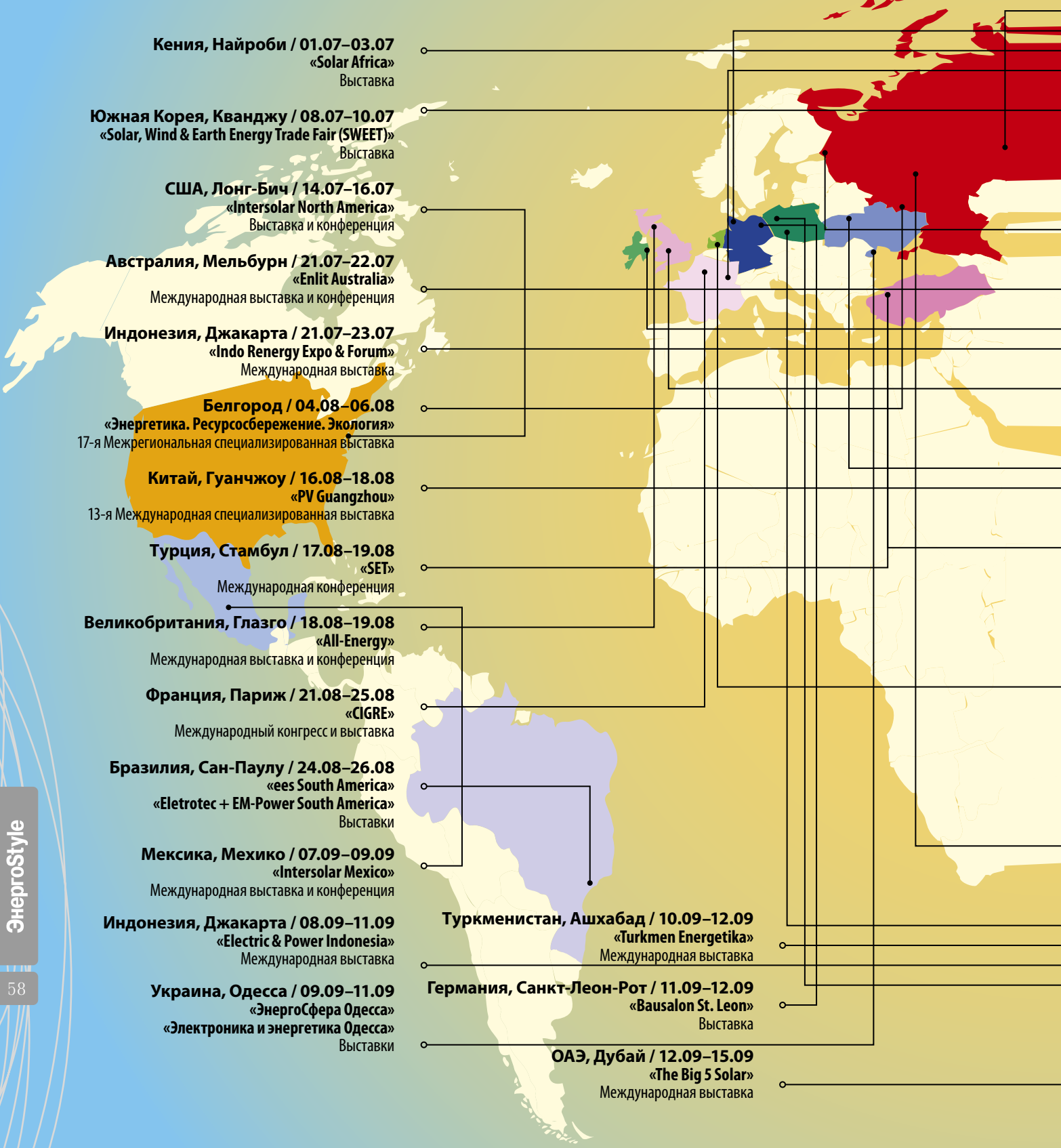
Индонезия, Джакарта / 08.09–11.09
«Electric & Power Indonesia»
Международная выставка

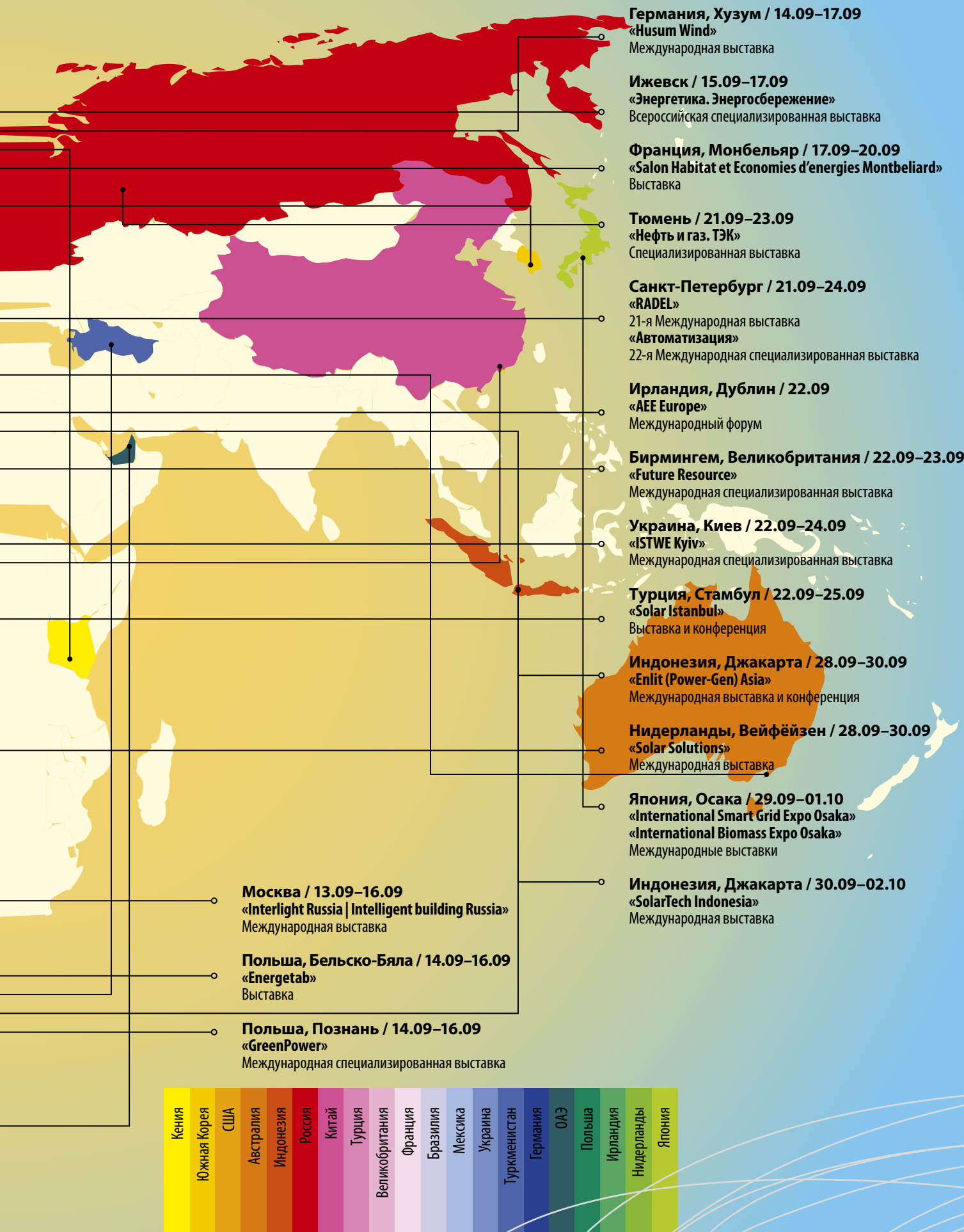
Украина, Одесса / 09.09–11.09
«ЭнергоСфера Одесса»
«Электроника и энергетика Одесса»
Выставки

Туркменистан, Ашхабад / 10.09–12.09
«Turkmen Energetika»
Международная выставка

Германия, Санкт-Леон-Рот / 11.09–12.09
«Bausalon St. Leon»
Выставка

ОАЭ, Дубай / 12.09–15.09
«The Big 5 Solar»
Международная выставка







Салон Tesla-3

Экспансия компьютера

Лариса Романова, музыковед, культуролог, доцент, кандидат педагогических наук

Человек с гаджетом в руке — бесспорный символ современности. Сатирические ролики высмеивают превращение творца в приложение к своему информационному двойнику, напичканному личными данными, банковскими картами, деловой информацией, почтой, соцсетями, играми, фильмами и пр. И тут не скажешь: «сам дурак», ибо не дураки создают айфоны, обретающие черты искусственного интеллекта. Причем разными путями...

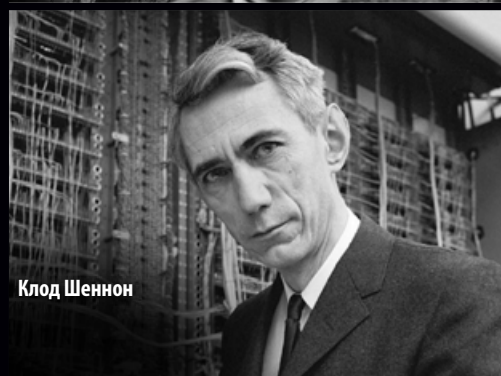
От Каиссы* до Tesla

Не вдаваясь пока в родословную компьютера, вспомним принципиальный период взросления машины, когда она «догоняла» человека. «Догоняла», конечно, на стезе интеллектуальной деятельности — прерогативе человеческого рода, к тому же с творческой компонентой. Самым чистым видом интеллектуально-креативной работы мозга является все, что связано с математикой и комбинаторикой, а самым популярным проявлением — игра в шахматы. На рубеже 1950-х легендарный математик Алан Тьюринг создал первую шахматную программу — пролог эры компьютерных шахмат. Одновременно стратегиями поиска вариантов в подобных программах занимался не менее легендарный Клод Шеннон — будущий «отец информационного века». Первая полнофигурная программа датируется 1957 годом, и отсюда линия развития шахматных программ на графике стремительно взмывает по десятилетиям, в итоге пробивая достаточно ровную линию развития гроссмейстеров и чемпионов.

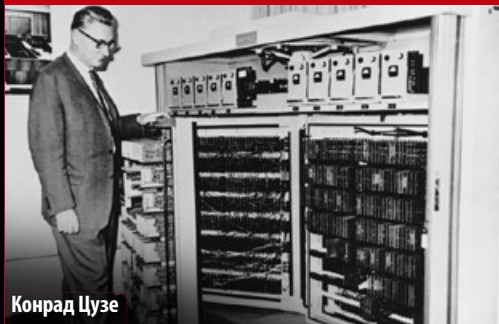
* Каисса — богиня и покровительница шахмат. Героиня одноименной поэмы английского писателя-востоковеда Уильяма Джонса (1763 год, впервые напечатана в 1772 году), в которой рассказывается, что бог войны Марс пленился красотой дриады Каиссы и смог добиться ее взаимности лишь благодаря изобретению шахмат.



Алан Тьюринг



Клод Шеннон



Конрад Цузе



Владимир Крамник — Deep Fritz



Компьютер Deep Blue



Гарри Каспаров — Deep Blue



В этих шахматных «университетах» с честью поучаствовали и ученые СССР. В 1963 году к составлению шахматных программ на ЭВМ подключились сотрудники ИТЭФ (Института теоретической и экспериментальной физики), переигравшие программу Стэнфордского университета. А программа «Каисса» под эгидой Института проблем управления АН СССР стала первым чемпионом мира среди шахматных программ в Стокгольме (1974). Итэфовец и энтузиаст «эвристического программирования» А. С. Кронрод метко сформулировал значение такой работы: «шахматы — это дроздофила искусственного интеллекта». «Каиссе» удалось опередить программы «Chess 4», «Chaos» и «Ribbit», но она работала на британской ЭВМ ICL System 4/70 (анализируя 200 позиций в секунду), и впоследствии советское правительство свернуло это направление.

Гроссмейстеры же продолжали сражаться с растущей мощностью компьютерных шахмат, повышая их потенциал, пока в 1997 году чемпион мира Гарри Каспаров впервые в истории не проиграл в шестиматчевом поединке со счетом 2,5:3,5 суперкомпьютеру «Deep blue» (анализирующему 2–2,5 млн. позиций/сек.) от компании IBM (International Business Machines Corporation, США). В 2003 году Каспаров, после матча вничью с израильской «Deep Junior», предположил, что «через несколько лет у человека уже не будет никаких шансов в противостоянии с шахматными программами». Пророчество сбылось: после поражения Владимира Крамника от программы «Deep Fritz 10» (2006) битвы людей с «кремниевыми монстрами» прекратились; программы же продолжают совершенствоваться, и многие используются в обучающем формате. Коллективный искусственный интеллект стал непобедимой ратью богини Каиссы.

Между тем за те же полвека компьютер освоился с разными сферами деятельности и показал себя мастером на все руки. Первоначально, на рубеже 1930–1940-х, он мыслился как прогрессивная счетная машина, на новом уровне наследующая историческим арифмометрам, и обслуживал военные нужды. Но, развиваясь по экспоненте, драйверами чего были миниатюризация и снижение веса вкупе с увеличением скорости и мощности устройства, компьютер расширял свой функционал, превращаясь из специализированной в машину общего назначения. Еще в 1941 году первым образцом таковой стал впоследствии погибший при бомбежке аппарат Z3 немецкого пионера компьютеростроения Конрада Цузе. Привычный для нас персональный компьютер — его дальний потомок, используемый для управленческой и интеллектуальной работы, для получения и хранения разнообразной информации, включая аудио- и видеопroduкцию, для художественного творчества и научно-технического моделирования, для игр и развлечений.

В силу универсализма возможностей компьютеры стали, как справедливо сказано, «воистину вездесущими». Более того: они претендуют на управление другими техническими устройствами, небесного и земного назначения, и это не удивляет только в абстракции. Личный же контакт сильно впечатляет, судя по рассказу автоэксперта Александра Пликуленко о поездке на электромоbile Tesla-3: «Когда ты к ней подходишь в первый раз, то воспринимаешь как обычный автомобиль. Сядишь внутрь и ... понимаешь, что в автомобиле ничего нет — спасибо, что руль и педали оставили. Минимализм абсолютный, приводящий в полное недоумение. Есть большой планшет и две крутилки на руле. Человека, который не имел дела со смартфоном, это приведет в полный ужас: чтобы открыть бардачок, где лежат все документы, надо войти в меню и нажать соответствующую кнопку; чтобы открыть передний багажник — то же самое. Конечно, на твоём смартфоне должно быть приложение Tesla. Автомобиль расскажет, сколько осталось электроэнергии, где заправки, проложит маршрут; можно выбрать режим стандарт или спорт, или автопилот — и отдыхать. Приятно поражает режим кемпинга: в этом автомобиле ты можешь жить и спать, по-моему, до двух суток. Он найдет подходящую музыку по твоему году рождения. Ему доступен весь океан информационного поля, о котором мечтали фантасты, он может там пошарить своим крепким электронным интеллектом и найти все, что нужно. Это превосходная вещь, лучше которой я пока не встречал; это не автомобиль — это гаджет, большой айфон. А когда на этих автомобилях появится еще небесный интернет, через который все эти Теслы будут общаться между собой, — будет совсем интересно». Кто бы сомневался...

От Числа к Минцифры

Компьютер как вычислитель — наследник вышеупомянутых арифмометров. Что вовсе не унижительно, если вспомнить, что к их прогрессу приложили руку Леонардо да Винчи, Паскаль, Лейбниц, де Полени, де Кольмар, Чебышёв, Болдуин, Однер и многие другие недюжинные умы. И как же иначе, если со времен малоизвестных шумеров и широкоизвестных пифагорейцев Число лежало в основе законов мироздания, а практичные счетные доски — абаки добрались из древней Месопотамии и Вавилона до средневековой Европы. Их возродил, написав первый учебник счета на абаке (*Regula de abaco computi*), папа Сильвестр II — тот самый Герберт Аврилакский, ради рукописей которого булгаковский Воланд якобы прибыл в Москву. Традиция не прерывалась: труды выдающихся азиатских математиков, знавших и умножавших достижения античности, переводились европейцами, а имя великого Аль-Хорезми (IX век) превратилось в понятие «алгоритм», неотъемлемое от Computer Science или Informatik. Главы научной эпопеи и бестселлера XX века — монографии «Искусство программирования» (The Art of Computer Programming) Дональда Кнута поименованы алгоритмами информатики; кстати, работу над многотомником, начавшуюся в 1962 году, автор продолжает по сей день, превзойдя четвертьвековую работу над «Небесной механикой» Пьера-Симона Лапласа.

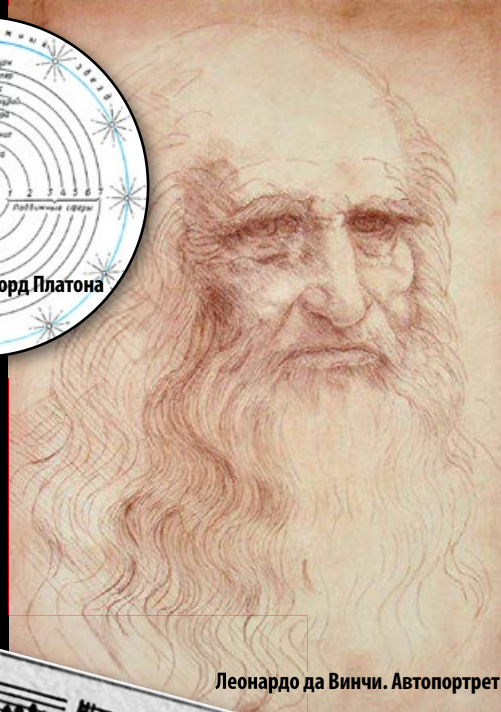
Обратим внимание: математический труд назван «искусством», что совершенно не случайно, ибо Число, обеспечивавшее гармонию мира, обеспечивало и красоту творений рук человеческих. Четыре из семи «свободных искусств» — средневековый квадриум включал музыку, арифметику, геометрию и астрономию, следуя античной традиции. Пифагорейская идея «музыки сфер», основанная на стабильных числовых соотношениях планет, сначала преобразилась в «небесный гептахорд» («семиструнный») Платона, звучавший, по его мнению, как дорийский лад. Спустя почти тысячелетие она отозвалась в классификации Боэция на «небесную музыку» (*musica mundana*), «человеческую музыку» (*musica humana*) и «инструментальную музыку» (*musica instrumentalis*). Еще через тысячелетие в трактате гениального Иоганна Кеплера «*Harmonices Mundi*» («Гармония мира») получила полноту математических расчетов вкупе с эстетической оценкой. Примечательно, что в XX–XXI веках именно Кеплеру посвятили оперы три композитора — Пауль Хиндемит, Филип Гласс, Тим Уоттс. Не менее примечательно, что «пифагорово пенье светил» (Н. Заболоцкий) отозвалось в квантовой теории Нильса Бора: в микромире открылось «подобие между колебаниями струны и атомом, испускающим излучение» (А. Эйнштейн). Гегель был точен: «Мы должны признать грандиозность мысли, что в системе небесных сфер все определяется числовыми соотношениями...», — работающими, как видно, на разных уровнях сущего.

Число управляло и знаменитой «золотой пропорцией» («*sectio aurea*», по Леонардо да Винчи), более знакомой как «золотое сечение» и возрожденной Лукой де Пачоли в книге «О божественной пропорции» (1498, 1509). Известная и на Древнем Востоке, и в античности, выраженная математическим уравнением, она входит в фундаментальные законы гармонии. Исследователи утверждают: «Скульптура, архитектура, музыка, астрономия, биология, психология, техника — вот те сферы, где так или иначе обнаруживает свою жизнь золотое сечение» (И. Шевелев, М. Марутаев, И. Шмелев). Советский и российский физик и философ Владимир Буданов выяснил, что Солнце и Земля связаны с другими планетами точными золотыми пропорциями, и не исключено, что это благоприятствовало жизни на нашей планете.

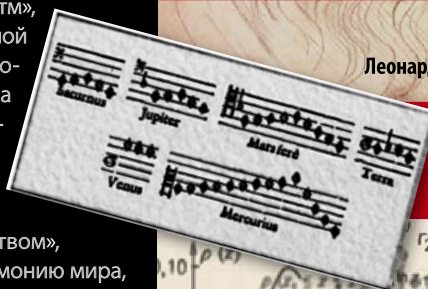
Если в XIII веке Рамон Лулл сотворил теорию вычислений, позже сильно повлиявшую на Лейбница, то в 1630-х годах Число дожило до выделения теории чисел в отдельную область арифметики, которое произвел Пьер Ферма, а в следующем веке — до классического деления чисел на целые, дробные и иррациональные в «Универсальной арифметике» (Arithmetica Universalis, 1707) Исаака Ньютона. Два века Просвещения мощно стимулировали развитие наук и умножение математиков, в том числе среди прекрасных дам.



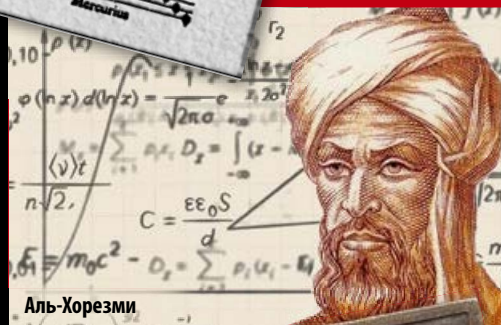
Небесный гептахорд Платона



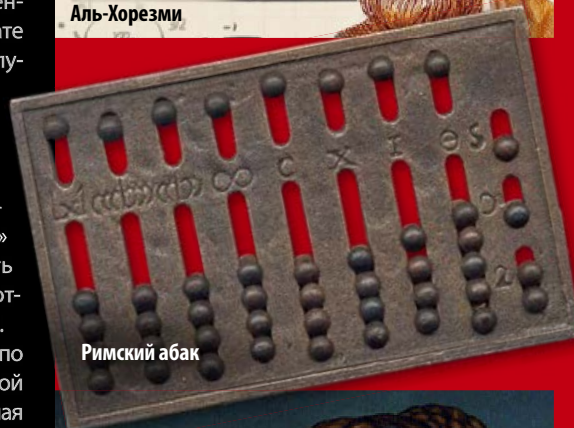
Леонардо да Винчи. Автопортрет



Иоганн Кеплер.
Мелодии планет



Аль-Хорезми



Римский абак



Ада Байрон-Лавлейс

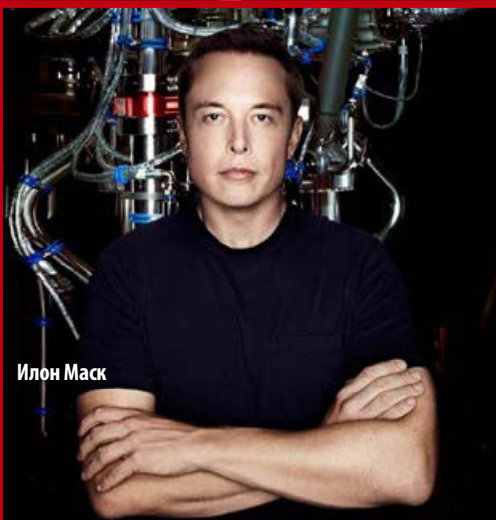
Счетная машина Бэббиджа



Эмили дю Шатле



Грейс Хоппер



Илон Маск

Переводами и комментариями-дополнениями к трудам Ньютона занималась муза Вольтера, член Болонской академии наук Эмили дю Шатле, чья многокрасочная жизнь отражена в моноопере Кайи Саариано «Эмили» (2008). А математик Мэри Соммервилль, переводчица «Трактата о небесной механике» Пьера-Симона Лапласа, стала наставницей юной Ады Байрон (впоследствии леди Лавлейс), оказавшейся родоначальницей ныне многочисленного племени программистов. Она составила «план действий» для высокоточной счетной машины Чарльза Бэббиджа и предсказала ей захватывающие перспективы не только в алгебре, но и в искусстве. Памятливое Минобороны США в 1979–1980 годах создало язык программирования «Ada» для бортовых систем управления военными машинами и снарядами.

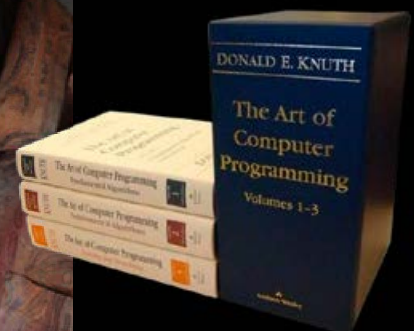
Вообще «компьютеры в юбках» и «королевы программирования» — типичное явление середины XX века. Первыми программистами легендарного компьютера ENIAC, отметившего в 2021 году свое 75-летие, стали шесть девушек, чьи имена можно найти в интернете. А математика и commodore флота США Грейс Хоппер называли «королевой программного обеспечения» за программы для первых гарвардских компьютеров семейства MARK, потом — для UNIVAC, за первый компилятор для машинных кодов и базу для высокоуровневого языка COBOL. В свою команду Хоппер брала поровну женщин и мужчин, ибо именно женщины, по ее мнению, доводят дело до конца.

Вместе с появлением компьютеров, в 1940-х начинается эпоха *Цифры* (Digit) — представление информации в дискретных цифрах двоичного кода. Однако поначалу Цифра была скромным математическим инструментом и только после развития концепции IT — информационных технологий (1958), после создания персональных компьютеров и интернета появилось упоминание о *мировой цифровой революции* (1983). Мощные компании занялись IT-внедрениями, диджитал-трансформации захватили бизнес, цифровизация проникла в самые разные сферы деятельности. Никого уже не удивляет, что Лувр оцифровал около полумиллиона коллекционных артефактов и разместил их в онлайн-архиве: «Сегодня Лувр смахнул пыль со своих сокровищ, даже самых малоизвестных. Впервые любой желающий может получить доступ ко всей коллекции с компьютера или смартфона бесплатно», — заявил президент музея Жан-Люк Мартинес.

Цифровой мир превращается в среду обитания, и закономерно заботы о развитии цифровых технологий вошли в компетенцию правительств разных стран, создающих специальные министерства, агентства, службы и пр. Философия и теория Числа передала эстафету функционалу Цифры. Впрочем, лидеры IT-процесса смотрят на дело широко: «Мы здесь меняем мир, меняем историю, и ты либо с нами, либо нет» (Илон Маск). А теперь обратимся к одному из предвидений леди Лавлейс.



Дональд Кнут



«Маэстро компьютер. В поисках новых звучаний»

Так назвал свою статью (1970) выдающийся композитор и дирижер, классик Второго авангарда Пьер Булез. «Маэстро компьютер» означает причастность машины к музыкально-художественному процессу, которая имеет два основных направления.

Одно из них Булез обозначил сразу: «В поисках новых звучаний», — а это стихия синтезатора, чьи безграничные тембровые возможности увлекают композиторов-электронщиков. Однако такой безграничности давно содействует *Цифра* в виртуально-аналоговых и собственно цифровых синтезаторах. Если последний сам представляет собой узкоспециализированный компьютер, то виртуальный синтезатор опирается на процессор, память и звуковую карту персонального компьютера.

Эдуард Артемьев, обладатель студии-арсенала цифровых устройств, в том числе мощной клавишной цифровой системы со встроенным компьютером «Kurzweil-250» и персонального компьютера «Macintosh» (сер. 1990-х), сообщал: «Хотя она [электронная студия] и подразделяется на синтезаторы, на пультах — системы миксажа, на приборы обработки звука, — так называемые *sound-processors*, — все это, объединенное вместе и управляемое компьютером, является как бы инструментом для композитора». Мегаинструмент обеспечивает композитору «прорыв в какие-то новые миры», в «расширяющуюся звуковую вселенную» (Е. Назайкинский). Кроме того, компьютер «может весь звуковой материал перевести в ноты и напечатать партитуру в виде традиционной нотной записи», а освобождение от трудоемкой процедуры традиционной ручной записи невозможно переоценить. Чисто творческий результат оценивает критика, восторгающаяся как экспрессией, так и техническим совершенством сочинения при «компьютерной поддержке».

Но неслучайно мы уделили немало места Числу и математике, недаром напоминали о квадравиуме, где музыка соседствует с арифметикой. Число вновь громко заявило о себе в музыке XX века: в изощренной серийной технике Антона Веберна и не менее изощренной числовой символике Альбана Берга, в сет-теории Милтона Бэббита, в творчестве ряда композиторов Второго авангарда, преклонявшихся перед научно-технической революцией и совпавших с динамичной эволюцией компьютера. Впрочем, еще в XVII веке иезуит Атанасиус Кирхер описал «Arca Musarithmica» — «Музыкальный ковчег» для механического сочинения церковной музыки: ящик с планками/стержнями, предлагавшими либо наборы соответствующих нотам цифр с наборами их ритмических обработок, либо целые музыкальные фразы в разных размерах. Интересное изобретение демонстрировало искусство комбинаторики, увлекавшее мыслителей-рационалистов, и, кстати, обозначило второе направление для «маэстро компьютера»: сочинение музыки.

Но вычислительную машину сначала надо было «омузикалить» на уровне воспроизведения, что впервые произошло в Австралии в 1951 году, когда математик Джефф Хилл запрограммировал CSIR Mark 1 на популярные мелодии, и публика услышала шлягер «Марш полковника Боги». Тогда же в Манчестерской лаборатории компьютер-коLOSS, созданный Аланом Тьюрингом, сгенерировал три известные мелодии: гимн «Боже, храни Королеву», песенку «Бе, бе, черная овечка» и любимую всеми пьесу «В настроении» Глена Миллера. Первая оригинальная компьютерная композиция — сюита «Illiас» для струнного квартета Леджарена Хиллера и Ленарда Исааксона — появилась в 1956 году; ее финал назывался «Markov chain music» (Музыка цепи Маркова) в честь русского математика А. А. Маркова (старшего), чья теория цепей была оценена Клодом Шенноном как перспективная для компьютерной музыки.

Особую роль в развитии музыкально-компьютерных технологий сыграл Макс Мэтьюс, создавший семейство программ MUSIC (Bell Laboratories, 1957–1969) для запоминания партитур, описания программно синтезируемых инструментов, исполнения и сохранения опуса в виде цифровой фонограммы. Эта работа вдохновила Джона Чоунинга, который придумал высоко оцененный специалистами алгоритм FM-синтеза (синтеза частотной модуляции, 1967) для разнообразных изменений и настроек звука, вы-



Программа Max/MSP Миллера Пакетта



Эдуард Артемьев в электронной студии



Макс Мэтьюс за работой

сокоточных имитаций музыкальных инструментов. Прорывная Max/MSP (1988–1997) Миллера Пакетта, определенная автором как «программная среда», смешивала, изменяла, фильтровала сложные звуковые ландшафты, но была при этом по-человечески интуитивна на практике. И приятно, что названа в честь Мэтьюса.

Параллельно росли композиторы — приверженцы *computer music*. Крупнейшей звездой в плеяде стал Яннис Ксенакис — классик Второго авангарда и музыкальной стохастики (случайности), входящей в сферу алгоритмической музыки. Талантливый архитектор, ученик Ле Корбюзье, он ощущал музыку как проекцию математики, используя на компьютере UPIC математическую статистику, закон больших чисел, теории вероятностей, информации, множеств. Книга Ксенакиса «Формализованная музыка: мысль и математика в композиции» (1963), многократно переизданная, излагала не только примененный им программный код FORTRAN, но и философию творчества.

«Звездный ветер Кассиопеи»

Романтика первопроходцев-новаторов уже в 1990-х стала посыпаться пеплом школьной рутины: музыкально-компьютерные технологии пришли в педагогику, прежде всего вузовскую, постепенно и адаптивно опускаясь на низшие ступени. Создаются кафедры компьютерной музыки, пишутся программы и диссертации, проводятся конкурсы и игры, мультимедиа превращаются в атрибут учебного процесса. Но неистребимы энтузиасты, усматривающие большой творческий потенциал в педагогике цифровых искусств (Digital Art), в новом медийном искусстве (New Media Art). И пусть «дыхание доисторической природы» Ксенакиса, как и «Звездный ветер Кассиопеи» Ульянича, животворят воображение и креативность молодых. Дух дышит, где хочет. **ЭС**

POWER ELECTRONICS



18-я Международная выставка
компонентов и модулей
силовой электроники

26-28 октября 2021
Москва, Крокус Экспо

Силовая Электроника

Единственная в России
специализированная
выставка компонентов
и модулей силовой электроники
для различных отраслей
промышленности

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге

MVK Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 380 6000
power@mvk.ru

Запросите
условия участия:

powerelectronics.ru

12+



ИЗОЛЯТОРЫ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ
СПИРАЛЬНАЯ АРМАТУРА
АРМАТУРА ДЛЯ ЛЭП
АРМАТУРА СИП
ПРОВОД СИП
МОЛНИЕЗАЩИТА
КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ
ОПОРЫ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ
НАТЯЖНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

on-line
заказ
WWW.locus.ru
8-800-201-42-75

АДРЕСА ОФИСОВ:

Локус. Екатеринбург:
620062, г. Екатеринбург, ул. Генеральская, 7
тел./факс: (343) 375-87-87, 375-88-06
e-mail: locus@locus.ru

Локус. Новосибирск:
630083, г. Новосибирск, ул. Большевикская, 177, оф. 425
тел./факс: (383) 227-82-58, 227-82-66, 227-82-79
e-mail: locus-nsk@locus.ru