№ 4 (52) декабрь 2020 года

ЭнергоStyle

Наполним жизнь энергией!

Энергоэффективность зданий — вот вопрос!

Системы мониторинга ВЛ

Готовь сани летом, а грозозащиту — зимой

Метаморфозы: грозотрос ОКГТ

ЭнергоStyle

Содержание

4 стр. **News**

6 стр. **Актуально**
Энергетическая мера цивилизации и российская энергетика

8 стр. **Точка зрения**
Повышение энергетической эффективности зданий в России под вопросом?

14 стр. **Распределенная генерация**
О влиянии параметров систем возбуждения и уставок защит генераторов на обеспечение надежного электроснабжения потребителей

24 стр. **Исследования**
Мониторинг полимерных изоляторов. Проблемы диагностики

30 стр. **Безопасность**
Встречный лидер в молниезащите

34 стр. **Метаморфозы**
Фотосессия. Грозотрос ОКГТ

42 стр. **Альтернативы**
Непризнанные источники энергии

46 стр. **Электроистории**
Шах и мат высокого напряжения

50 стр. **Что. Где. Когда**
Мир энергетики в экспозиции

52 стр. **Культпросвет**
Пришествие магнитофона

ЭнергоStyle

декабрь 2020, № 4 (52)

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:
Юрий Гуревич, Павел Илюшин, Константин Карасюк, Сергей Колосов, Александр Куликов, Сергей Максимов, Татьяна Мосунова, Полина Рожкова, Лариса Романова, Михаил Романов, Алексей Ротанов, Яков Щёлоков

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: 3000 экз.
Дата выхода в свет 08.12.2020
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.

Как-то даже странно подводить итоги уходящего високосного года… Столько всего для нас было впервые. И не самого приятного. А все-таки попробуем поискать плюсы. Находятся они в общечеловеческой сфере и потому стали одинаково понятны в любом уголке мира. Во-первых, все как-то острее ощутили ценность жизни. Во-вторых, по-настоящему поняли, что такое роскошь живого общения. В-третьих, что без природы, движения и культуры во всех ее составляющих мы — никуда. А какой радостью стал реальный выход на работу после вынужденных месяцев домашней «удалёнки» — просто космос! Конечно, многим из вас, в силу специфики деятельности, не довелось испытать «прелести» самоизоляции, и вы продолжали трудиться в обычном режиме, пусть с учетом особенностей времени (градусники, маски). Дай Бог, чтобы все мы уже как можно скорее вернулись к здоровой, полноценной жизни! И никакая пандемия точно не отнимет у нас праздники. С Днем энергетика вас, друзья! И с наступающим Новым годом! Всем здоровья, любви (она нас держит на плаву), хороших мыслей (они ж материализуются), оптимизма (когда-то же вирусному мороку придет конец!), скорейшей «приближёнки» ко всему, что для вас важно и интересно! Наслаждайтесь каждой минутой жизни, радуйтесь простым вещам, цените своих родных и друзей, словом, будьте счастливы!

Мария Лупанова, главный редактор

Дорогие коллеги и друзья!

Поздравляю вас с профессиональным праздником — Днем энергетика и наступающим 2021 годом!

Здоровья вам! Текущий високосный год проверял на прочность всех и всё. Он показал, что российская энергетика достойно справляется с непростыми вызовами времени, благодаря именно вашему профессионализму, стабильности, умению оперативно принимать нестандартные решения в самых сложных ситуациях. У каждого из вас свой участок работ, но вместе вы ежедневно обеспечиваете целую страну энергией и теплом, вкладывая в них частицы своей души.

Пусть же новый год будет полон хорошими значимыми переменами! Желаю вам успеха в скорейшем преодолении столь неординарного для всех периода, оптимизма и сил, слаженных действий и надежных партнеров, ярких событий и светлых моментов в жизни, много радости и добра, хороших и теплых людей, заряжающих своим позитивом, неутомимой энергии и жизнелюбия! Берегите себя, родных и близких!

Денис Буравлев,
генеральный директор ООО «МК «Локус»

ЛОКУС

Коллеги!

Поздравляю вас с Днем энергетика и наступающим Новым годом!

Желаю максимум амперов для здоровья, отменной работы на полную мощность, жизни без напряжения и коротких замыканий, полного сопротивления всем неудачам, активной мощности всем вашим начинаниям, неугасаемого тепла в ваших домах и сердцах!

Желаю вам пройти весь 2021 год без потерь и вынужденных простоев!

Евгений Волоси,
директор ООО «Завод Энергетик»

ООО «Завод Энергетик»

Шуховская на Оке

Силами «Россетей» полностью восстановлена единственная в мире гиперболоидная многосекционная опора линии электропередачи, выполненная в виде несущей сетчатой оболочки. Башня спроектирована выдающимся русским инженером Владимиром Шуховым и построена на Оке в конце 1920-х годов. Работа над 128-метровой конструкцией была проведена в несколько этапов. Вначале были воссозданы утраченные фрагменты основания башни, затем — укреплена береговая линия Оки и построена прогулочная набережная. На финальном этапе специалисты компании «Россети Центр и Приволжье» провели антикоррозийную обработку металлических конструкций и смонтировали динамическую подсветку башни — около 23 тыс. светодиодов. Также была благоустроена близлежащая территория.

— Шуховская башня на Оке — один из объектов плана ГОЭЛРО, столетие которого мы отмечаем в 2020 году. Однако конструкция и сегодня выглядит впечатляюще. Более того, как и другие работы выдающегося инженера Владимира Шухова, она является источником вдохновения современных архитекторов. Это наглядная иллюстрация всей идеологии плана ГОЭЛРО — он включал в себя проекты, формирующие тренды на десятилетия вперед. Мы должны равняться на этот опыт и продолжать традиции русской инженерной школы, — отметил генеральный директор «Россетей» Павел Ливинский.

Опора изначально входила в комплекс высоковольтного спецперехода через реку, но в дальнейшем из-за изменения трассы энерготранзита перестала использоваться по назначению. 3 декабря 2014 года распоряжением Правительства РФ Шуховская башня на Оке была отнесена к объектам культурного наследия федерального значения.

Тепло добрых рук

Итогом благотворительного марафона «Тепло добрых рук», организованного Сибирской генерирующей компанией и администрацией города Новокузнецка, стали более 250 кг кормов, несколько десятков наименований медикаментов и топливо на зиму для приюта, который курирует новокузнецкое общество защиты бездомных животных «Кот и пёс». В марафоне приняли участие энергетики новокузнецких предприятий СГК, сотрудники Комплексного социального центра обслуживания населения Орджоникидзевского района, Центра детско-юношеского технического творчества «Меридиан», Совета территориального местного самоуправления (СТОС). Волонтеры Сибирской генерирующей компании на личные средства купили и привезли в приют для бездомных животных 15 тонн угля, а также устроили там субботник — чистили территорию, ремонтировали вольеры.

Попутного ветра

Грузовой лайнер-гигант Oceanbird, питающийся энергией ветра, может появиться на океанских просторах в 2024 году. Корабль сможет перевозить 7 тыс. автомобилей и обходиться без обычного топлива. Идею принципиально нового судна предложила логистическая компания Wallenius Marine. Основным источником энергии Oceanbird станут 80-метровые выдвижные паруса с компьютерным управлением, автоматика которых способна высчитывать, как наиболее эффективно использовать энергию ветра. Для разработки дизайна лайнера, который планируют завершить к концу 2021 года, исследователи использовали лидар для отслеживания потока ветра над кораблями на высоте до 300 м. Проанализировав результаты, полученные с 35 млн различных точек измерения, инженеры компании обнаружили, что скорость ветра меняется меньше, чем предполагалось. Вспомогательный двигатель на обычном топливе может использоваться в качестве резервного. Максимальная скорость корабля будет достигать 10 узлов. На пересечение Атлантического океана ему понадобится около 12 дней.

По материалам www.hi-tech.mail.ru

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ:

Министерство промышленности, связи, цифрового и научно-технического развития Омской области

Администрация города Омска

Межрегиональная ассоциация «Сибирское соглашение»

Омская ТПП

НП «Сибирское машиностроение»

Союз машиностроителей России

3 - 4 марта 2021 г. ОМСК

ИнтерСиб
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

ОМСК-ЭКСПО
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

СИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО-ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ПРОМТЕХЭКСПО

В ЭКСПОЗИЦИИ ФОРУМА:

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИКА, ИЗМЕРЕНИЯ

СВЯЗЬ

IT-ТЕХНОЛОГИИ

ОМСКГАЗНЕФТЕХИМ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

СВАРКА

ЭНЕРГОСИБ, СИБМАШТЭК

ИНЭКСПО

МВЦ «ИНТЕРСИБ», ВК «ОМСК_ЭКСПО»
Тел./факс: +7 (3812) 22-04-59; 23-23-30; 22-01-59
E-mail: expo@intersib.ru www.intersib.ru

Энергетическая мера цивилизации и российская энергетика

Яков Щёлоков, кандидат технических наук, Председатель коллегии СРО «Союз «Энергоэффективность»

Фотоколлаж: Эль Лисицкий

«Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны». 1920 год вошел в историю Советского государства как год ГОЭЛРО — великого Ленинского плана электрификации. Так на рубеже 1920 года, после завершения победы над колчаковско-деникинскими и антиантантовскими силами контрреволюции и укрепления Советской власти, был принят к реализации первый в истории человечества научный государственный план электрификации. Совсем скоро состоится столетие плана ГОЭЛРО. Время подводить итоги столетия, эпохи «…плюс электрификация всей страны».

Начало 2020 года — по энергетической тематике в СМИ появляется масса публикаций. Так, Валентина Матвиенко настаивает на введении единой государственной политики формирования тарифов на электроэнергию; промышленники обратились в ФАС на Россети и т.д. Во всех обращениях прослеживается мысль о том, что, несмотря на рынок, в электроэнергетике нужна единая государственная тарифная политика! Один из основных векторов этих статей — «исключение практики тарифной дискриминации крупных промышленных потребителей»! Здесь хочется обратить внимание, какова была реальная, не только научная, а отчасти и идеологическая, основа в развитии плана электрификации всей страны.

Наследство СССР

1. Фундаментальное идеологическое правило СССР — оценка эффективности по *минимуму капитальных затрат*. Особенно вредным оно оказалось для конечного потребителя основной продукции ТЭК, так как коэффициенты расхода энергии в ТЭК на единицу энергии, доставленной конечному потребителю на уровне 220 В, в кг у.т./кг у.т., сложились: электроэнергия — 4,94; тепло — 2,84 [1]. То есть, наши централизованные энергетические системы способны работать с КПД не более 20 и 30 %, соответственно, по электроэнергии и теплу.

2. *Первоочередное развитие энергетики*. Строились крупные социалистические города, где до сих пор с одной электроподстанции подключают, например, сеть РЖД, дуговую электропечь и коттедж губернатора, МКД и т. п. Это чувствительно влияет на качество электроснабжения большинства потребителей, особенно, на уровне напряжения 220 В. Вот где практически все, наконец, оказались равны.

3. Еще страшней — *проблема разделения топлива на ТЭЦ между теплом и электроэнергией*. Она до сих пор как проклятие для потребителя ТЭК и для нашей экономики в целом. АН СССР в 1952 году согласилась с перераспределением энергетических благ, возникающих на ТЭЦ, в пользу потребителей электроэнергии. Это был политический заказ — показать, что при социализме электроэнергия обходится в 1,5 раза дешевле. Позднее, уже при капитализме, в РФ этот «заказ» был продлен и «украшает» нашу рыночную экономику до сих пор [2]. Это правило не так активно работало до 1990 года, так как энергетического рынка не было. И если сейчас для электроэнергии он появился, то рынка тепловой энергии по-прежнему нет. В итоге, если расход топлива на выработку тепловой энергии в 1975 году был 175 кг/Гкал [3], то в 2016 он составил уже 245 кг/Гкал [4]. Налицо рост на 40 %, рынок электроэнергии сполна реализовал вынужденное решение АН СССР в 1952 году.

О тарифе

Тариф — это система ставок за услуги. Можно ввести ставку и за отпевание при погребении, но электроэнергия — не услуга и даже не товар. Это субстанция, которая непрерывно меняет свои параметры, начиная от напряжения, частоты, силы тока и заканчивая частоколом гармоник. При этом в каждой точке ее потребления она имеет свою себестоимость, которая сводится в основном к величине потерь при ее неоднократном преобразовании и доставке. А эти потери можно представить как 5 к 1, где «1» — это то, что доходит до конечного потребителя на уровне напряжения «субстанции» 220 В. И все это вполне официально называется «физикой, которая не имеет отношения к тарифной экономике». В итоге же мы имеем экономику перекрестного субсидирования, как утверждают, в пользу населения!

Но никто из сильных мира российского не хочет знать, точнее, вникать в природу этого явления, возраст которого уже приближается к столетию. При Михаиле Горбачёве рассекретили тайны экономики СССР, и оказалось, что «цены на топливо и энергию, планово установленные, ниже себестоимости их производства (по газу и нефте-продуктам в 2–2,5 раза, по углю в 2,5–3 раза и более)» [5].

За 30 лет капитализма в РФ ситуация не сильно изменилась. Год 2020 — столетие процессу энергетического противостояния в РФ. Оценка этому процессу дана в № 8 за 2020 год журнала «Эксперт» в самом названии статьи «Плохое энергетическое равновесие». Цитата: «Российская энергетика живет по запутанному клубку правил». От себя добавим — или вообще без правил [6]. Вот такой «момент истины» в циклическом формате сложился в нашей энергетике.

Мировая практика

В методиках, принятых в Западной Европе, *экономия топлива комбинированных циклов относится на теплоэнергию*, что, безусловно, повышает конкурентную способность ТЭЦ перед котельными. В результате, без изменения суммарных затрат для потребителя, за счет некоторого повышения тарифов на электроэнергию, снизился на четверть тариф на теплоэнергию, полученную от ТЭЦ. В ФРГ нет котельных. У нас котлов столько, что они используются на 20–30 % [4].

Еще несколько примеров. Не раз эксперты отмечали, что умная сеть невыгодна сетевым компаниям, так как ограничит их возможности наживаться на тарифах. Основной ролью сетей будет «передача энергии обратно в сеть» [7], поэтому следует устанавливать четкие стандарты для различных технологий с учетом их интеграции. Иначе развивать что-то новое опасно. В итоге, появились правила такой интеграции, и отсюда — некоторые правила мировой энергетики. Среди них — Кодекс строителя справедливого капитализма в мировой энергетике. 10 заповедей от Мирового Энергосовета, были опубликованы еще в 2005 году [8]:

- справедливое распределение доходов;
- сбалансированное регулирование тарифов;
- публичность;
- общественные стандарты и др.;
- снижение политических рисков;
- *рост ВВП без роста энергетических затрат (!)*;
- *этика как основа управления энергетикой* и др.

Кстати, руководство нашей страны рост деловой активности связывает с повышением потребления электроэнергии. В мировой практике аналогом этого показателя является — рост ВВП без роста энергетических затрат! Википедия оценивает ситуацию однозначно, показывая потребление энергии в качестве энергетической меры цивилизации: https://en.wikipedia.org/wiki/List_ofcountries_by_energy_consumption_per_capita. Это, в свою очередь, имеет важное значение для социальной, экономической и политической сфер деятельности любой страны. Эта мера определяется как «*Индекс социального прогресса*» конкретного государства. То есть, деловую активность связывают с ростом энергетического потребления, но в рамках *Индекса социального прогресса*.

Директива 2006/32/ЕС «Об эффективности конечного использования энергии» [9] делает акцент на том, что в результате технологических, поведенческих и/или экономических изменений все работают на *повышение энергоэффективности у конечного потребителя*, так как спектр любых других воздействий на условия поставки и распределения энергии заключается в *строительстве новых энергетических мощностей*. Таким образом, при нерегулируемом капитализме налицо неоправданные рыночные стимулы для производителей энергоресурсов к увеличению объемов поставки энергии для конечного потребителя.

В чем же регулирование? Основу энергетического права ЕС составляют Закон об энергетическом хозяйстве (действует с 2005 года) и Закон об обеспечении энергией, а также нормы «конкурентного, договорного и экологического права в энергетической сфере» [10]. Поэтому «их» энергетики вынужденно заинтересованы в снижении потерь, а российские — в увеличении объемов отпуска потребителям, как энергии, так и ее потерь. В России нет закона об энергетическом хозяйстве страны, а до сих пор бытуют представления о так называемом «естественном энергетическом монополизме», который имел право на существование в эпоху тотальной плановой экономики. В России нет цивилизованного капитализма в энергетике, а может быть и не только в энергетике.

Заключение

Проблемы российского перекрестного субсидирования вызваны не столько тарифообразованием, сколько наличием в стране энергетического законодательства, где сохранены основные принципы социалистического хозяйства. При этом полностью отсутствуют основные условия плановой системы управления энергетикой, которые сохранены в мировой практике и рекомендованы ООН к использованию, включая правило, что «конечное потребление энергии является энергетической *мерой* цивилизации». У нас же одно правило: ТЭК обязан как можно больше продать покупателям, включая российского конечного потребителя. Пора и нашим энергетикам оценивать свою деловую активность энергетической *мерой* цивилизации. **ЭС**

Литература

1. Башмаков И. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды // Вопросы экономики. 2009. № 2. С. 71–89.
2. Эксергия Богданова [Электронный ресурс]: URL: http://exergy.narod.ru/
3. Сальников А. Х. Нормирование потребления и экономия ТЭР. М. : Энергоатомиздат, 1986. 240 с.
4. Распоряжение Правительства РФ от 19.04.2018 г. № 703-р. Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ.
5. Макаров А. Нуждается в совершенствовании // Энергетика: экономика, техника, экология. 1987. № 4. С. 22–23.
6. Ивантер А., Кудияров С. Плохое энергетическое равновесие // Эксперт. 2020. № 8 (1152). С. 13–19.
7. Джеймс А. Маркетинг «умной» электросети в США // Энергоэффективность и энергосбережение. 2013. № 1–2. С. 91–93.
8. Энергетика для завтрашнего мира. Действовать сейчас. Заключение МИРЭС 2000 г. // Электрические станции. 2005. № 2. С. 67–70.
9. Директива 2006/32/ЕС Европейского парламента и Совета от 5 апреля 2006 г. «Об эффективности конечного использования энергии…» [Электронный ресурс]: URL: http://esco.agency/ru/library/directive_2006_32_EC_rus.pdf
10. Энергетическое право России и Германии: сравнительно-правовое исследование / под ред. П. Г. Лахно и Ф. Ю. Зеккера. М. : Издательская группа «Юрист», 2011. 1076 с.

Повышение энергетической эффективности зданий в России под вопросом

Печатается с разрешения журнала «Энергосбережение» https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=7624

24 июля 2020 года Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (далее — Минстрой России) направило на согласование проект постановления Правительства РФ «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» (далее — Проект постановления), разработанный в целях обеспечения энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, обеспечения энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном фонде, который просит согласовать в кратчайший срок (согласно федеральному закону № 261-ФЗ)[1]. А в рамках реализации механизма «регуляторной гильотины» (постановление Правительства РФ № 1136 — далее Постановление № 1136)[2] отменено постановление Правительства РФ № 18[3] (далее — Постановление № 18), которое фактически являлось краеугольным камнем всей политики энергосбережения в строительстве жилья, многоквартирных домов: определяло сроки изменения требований к энергоэффективности зданий и, соответственно, состав, структуру, параметры, по которым оценивалась энергоэффективность.

Насколько Проект постановления отвечает современным требованиям? Стимулирует ли он решение вопросов повышения энергоэффективности зданий? Предлагаем мнение специалистов о создавшейся ситуации.

---

[1] Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

[2] Постановление Правительства РФ от 29 июля 2020 года № 1136 «О признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации, об отмене некоторых нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти, содержащих обязательные требования, соблюдение которых оценивается при проведении мероприятий по контролю при осуществлении государственного контроля (надзора) в сферах теплоснабжения, обеспечения энергетической эффективности, строительства и жилищно-коммунального хозяйства».

[3] Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

ГРИГОРИЙ ПЕТРОВИЧ ВАСИЛЬЕВ,
доктор технических наук, Председатель секции «Энергоэффективное строительство» Объединенного научно-технического совета по вопросам градостроительной политики и строительства города Москвы (ОНТС) (из выступления на внеочередном заседании секции «Энергоэффективное строительство»)

Начну с изложения проблемы. Мы знали о том, что готовится Постановление № 1136 по «регуляторной гильотине». Пока шел процесс подготовки данного документа, делались запросы в Минстрой и Минэкономразвития России для уточнения ситуации. Были получены ответы, что существует неправильная двухзвенная структура нормативно-правовых документов, по которым выпускалось сначала постановление, определяющее правила разработки требований к энергоэффективности, а затем правила разработки правил по классам энергоэффективности. В связи с тем, что были изданы приказы Минстроя России № 399/пр[4] и № 1550/пр[5], нужда в Постановлении № 18 отпала. На момент запроса не планировалось создание нового формата и новых изменений, новых правил и новых требований. Но получилось так, что Минстрой России сейчас предлагает новую редакцию тех самых документов, которые устанавливают правила определения классов и правила определения требований. Это, на мой взгляд, обязательно повлечет за собой ревизию приказов № 1550/пр и № 399/пр.

Теперь по существу. Мы внимательно изучили и обсудили Проект постановления Минстроя России. Отмечу, что, во-первых, в предлагаемых новых редакциях этих документов отсутствует конкретика в формулировках — они декларативные. Не указаны сроки и темпы изменений требований, которые раньше были определены. Очень расплывчаты показатели энергоэффективности, не слишком понятен механизм контроля и т. д. Вывод — это общий, достаточно декларативный документ, ничем не подтвержденный.

Пояснительная записка вообще не выдерживает никакой критики. Напомню: когда готовилось Постановление № 18, работа по нему велась около полугода, и в ней участвовало очень большое количество организаций и специалистов, было много споров. В результате был создан качественный документ. Сейчас, повторяюсь, документ выхолощен и там практически ничего нет.

Второй негативный момент — присвоение классов энергоэффективности предлагается осуществлять по проектным значениям. Это как бы лейтмотив всех этих документов. Получается, что классифицировать здания по энергоэффективности мы будем на основании проектных данных и указывать их на табличках. Боюсь, что это приведет к полной профанации проблемы энергоэффективности, энергосбережения в стране. Мы уже сегодня наблюдаем существенные различия проектных и фактических значений энергопотребления зданий (это неоднократно обсуждалось на секции «Энергоэффективное строительство»). Ликвидация требований инструментального контроля и проверки на стадии ввода в эксплуатацию приведет к тому, что про задачу повышения энергоэффективности можно будет забыть.

Третий негативный момент — утверждение этих документов в предлагаемом виде приведет к невозможности выполнения п. 6 ст. 11 федерального закона № 261-ФЗ, согласно которому «не допускается ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов». Требование становится бессмысленным, поскольку все то, что будет написано в проектной документации, и будет считаться верным и никак проверяться не будет, так как никакого механизма в Проекте постановления не предлагается.

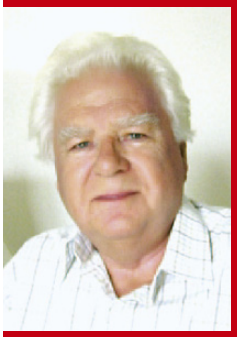
И что еще очень важно, на мой взгляд, утверждение этих документов создаст новые барьеры в реализации Национального проекта РФ «Жилье и городская среда», поскольку приведет к повышению энергетических нагрузок МКД и, следовательно, к увеличению стоимости технологического подключения дома к городской инженерной инфраструктуре. Соответственно, повысится себестоимость строительства. При этом существенно увеличатся платежи населения за энергоресурсы, что, в конечном счете, приведет к росту социальной напряженности.

За последние три года мы по заказу Департамента градостроительной политики города Москвы провели достаточно серьезные исследования по энергоэффективности эксплуатируемых зданий. Это было сделано с участием ГБУ «ЦЭИИС» Мосстройнадзора. Напомню полученные результаты. Сегодня в Москве имеется существенный разрыв между фактической и договорной нагрузкой по теплу. У нас профицит теплогенерирующих мощностей, по-моему, около 36 % (26 тыс. Гкал). Введение новых правил приведет к еще большему увеличению этого разрыва.

В заключение скажу об улучшении Проекта постановления и вообще о решении проблемы. Мне кажется, что очень важным элементом всей этой истории является все-таки п. 6 ст. 11 закона № 261-ФЗ, который запрещает ввод в эксплуатацию зданий, не соответствующих требованиям энергоэффективности. Понятно, что если его очень четко выполнять, то у нас 90 % зданий, а может и более, нельзя вводить в эксплуатацию.

Поэтому я думаю, что было бы целесообразно просить Минстрой России или даже мэра Москвы выйти с законодательной инициативой и внести изменения в данную статью закона № 261-ФЗ. Мне кажется, было бы правильно перевести это в финансовую ответственность. Другими словами, предусмотреть замену нормы прямого действия п. 6 ст. 11 закона № 261-ФЗ, запрещающего «ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности», на пятилетнюю финансовую ответственность застройщика перед собственниками квартир за превышение энергопотребления МКД над проектными значениями.

[4] Приказ Минстроя России от 6 июня 2016 года № 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
[5] Приказ Минстроя России от 17 ноября 2017 года № 1550/пр «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 23.03.2018, № 50492).



ВАДИМ ИОСИФОВИЧ ЛИВЧАК,
кандидат технических наук, независимый эксперт

Представленный Проект постановления упраздняет действующее Постановление № 18. Учитывая предыдущий негативный опыт решения задачи повышения энергетической эффективности зданий, считаю целесообразным:

1. Согласиться с заключением Минэнерго России от 3 августа 2020 года № ИА-9023/04 о невоз-можности согласования рассматриваемого Проекта постановления в связи с:

• отсутствием обоснования предлагаемых изменений к существующему подходу повышения энергетической эффективности в сфере недвижимости и оценки возможных последствий из-за очевидного несоответствия целям и задачам государственной политики в области повышения энергетической эффективности;

• отказом от установления долгосрочной динамики повышения требований к энергетической эффективности зданий;

• общим сокращением требований энергетической эффективности и отсутствием выделения первоочередных требований;

• примитивизацией регулирования (под этим термином мы понимаем как примитивизацию в достижении требуемых показателей энергетической эффективности — исключение в Проекте постановления в отношении нового строительства и капитального ремонта существующих зданий экспертизы проекта тепловой защиты зданий и показателей их энергоэффективности на соответствие настоящим нормам, отраженным в энергетическом паспорте проекта, контроля при приемке зданий в эксплуатацию и сопоставления фактически измеренного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания с ожидаемым согласно энергетическому паспорту, так и примитивизацию, выраженную в полном отсутствии указаний об устройстве автоматического регулирования подачи теплоты в систему отопления зданий, наравне с утеплением наружных ограждений наиболее влияющую на повышение их энергоэффективности, что подтверждается многочисленными жалобами на превышение фактического теплопотребления над проектными значениями).

2. Разработать новый, альтернативный Проект постановления, в котором расширить и акцентировать название: «Об утверждении правил установления требований реализации повышения энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов и общественных зданий» (курсивом выделены дополнения).

3. К показателям, характеризующим выполнение требований энергетической эффективности, отнести:

• показатель удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию для всех типов зданий, строений, сооружений;

• для многоквартирных домов — показатель удельного годового расхода электрической энергии квартирами и на общедомовые нужды, тепловой энергии на горячее водоснабжение.

Это позволит более полно определить потребление энергетических ресурсов «конечным потребителем», которым является МКД, — без него невозможно определить потребление «первичной» энергии для МКД — обязательный международный показатель потребления энергии зданиями с учетом потерь энергии в подводящих сетях и при ее выработке.

Показатель удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию любого здания выделяется отдельной строкой, он рассчитывается в проекте, включается в энергетический паспорт проекта здания, соответствие его значения настоящим требованиям подтверждается экспертизой и отражается в ее заключении.

Показатели, объединенные подпунктом б), — субъективные, основанные на индивидуальных привычках жителей, и поэтому их величина может быть определена в условиях эксплуатации зданий, а на стадии разработки проектной документации строящихся или капитально ремонтируемых МКД оценивать ожидаемую энергоэффективность зданий возможно только по удельному годовому расходу тепловой энергии на их отопление и вентиляцию, зависящему от климатических условий региона строительства, принятого уровня тепловой защиты здания и выбранного способа авторегулирования подачи теплоты в систему отопления.

4. В отношении установления, к какому показателю должна относиться удельная величина расхода энергетических ресурсов в здании, во всех европейских странах и в действующих нормах России (ГОСТ 31427–2010 «Здания жилые и общественные. Состав показателей энергоэффективности») указывается, что удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию МКД выражается в размерности кВт•ч/м^2 и относится к единице площади квартир и полезной площади нежилых помещений (при их наличии). Так же и для общественных зданий — к единице полезной площади отапливаемых помещений, а для зданий с высотой этажа от пола до потолка более 3,6 м — к единице отапливаемого объема помещений полезной площади здания[6].

5. Для возможности реального повышения энергоэффективности зданий в рассматриваемом постановлении должны быть сформулированы конкретные значения базовых показателей удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию (отдельной строкой) и удельного суммарного расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электрической энергии в квартирах и на общедомовые нужды, а также намечаемые к достижению к определенным годам.

[6] К такому же определению наконец-то пришли в Минстрое России. В письме заместителя директора Департамента ЖКХ Минстроя РФ от 12 октября 2018 года № 41653-ОО/04 на запрос Департамента градостроительной политики г. Москвы, как определять отапливаемый объем помещений, разъяснено: «К отапливаемому объему помещений здания относится объем, определяемый через умножение высоты помещений на общую площадь квартир без летних помещений и полезную площадь отапливаемых нежилых помещений МКД». — Прим. авт.

XVIII межрегиональная специализированная выставка

2 - 4 марта 2021 г.

"Стройиндустрия СЕВЕРА. Энергетика. ЖКХ"

г. Якутск

При поддержке Правительства Республики САХА (Якутия)

Организаторы:

Министерство строительства Республики Саха (Якутия)

Министерство жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Саха (Якутия)

Союз «Торгово-промышленная палата Республики Саха (Якутия)»

Выставочная компания Сибэкспосервис
г. Новосибирск

Выставочная компания СахаЭкспоСервис
г. Якутск

Тел: (383)3356350, 3332284, 3332984
E-mail:vkses@yandex.ru, www.ses.net.ru

6. Одной из причин отставания нашей страны в реализации повышения энергетической эффективности зданий является отсутствие на федеральном уровне методики определения удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий — показателя, характеризующего выполнение требований энергетической эффективности этих зданий при проектировании нового строительства и капитального ремонта. Такая методика разработана НП «АВОК» по заданию Национального объединения проектировщиков (НОП, ныне НОПРИЗ) в стандарте СТО НОП 2.01–2014 «Требования к содержанию и расчету показателей энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания». Этот стандарт прошел шестилетнюю апробацию, и НП «АВОК» готово обновить его и переработать в методическое пособие для возможности утверждения федеральными органами.

7. В части Требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов и общественных зданий необходимо распространить применение требований не только на многоквартирные дома, но и на общественные здания. П. 1 записать в следующей редакции: «Правила определения класса энергетической эффективности жилых и общественных зданий (далее — класс энергетической эффективности) устанавливаются Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации». Тогда п. 2 должен иметь следующее содержание:

«2. Класс энергетической эффективности устанавливается:

а) для жилых и общественных зданий нового строительства и реконструкции, подлежащих государственному строительному надзору, — органом государственного строительного надзора на основании проектной документации с заключением экспертизы, и указывается в заключении органа государственного строительного надзора о соответствии;

б) для многоквартирных домов, находящихся в эксплуатации, — органом государственного жилищного надзора на основании проектной документации с заключением экспертизы, а также путем сопоставления ожидаемого проектного значения удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию дома с фактически измеренным и пересчитанным на нормализованный отопительный период, и указывается в акте проверки соответствия многоквартирного дома требованиям энергетической эффективности».

8. В требования к правилам ввести новый пункт:

«3. Класс энергетической эффективности определяется:

а) на стадии проектирования для строящихся и капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий — исходя из сравнения (определения величины отклонения) рассчитанного в проекте удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, подтвержденного экспертизой, и базового значения аналогичного показателя для тех же климатических условий региона строительства; при этом следует определить коэффициент проектного запаса тепловой мощности системы отопления по отношению к расчетной тепловой нагрузке системы отопления в разделе проекта ОВ и разделе «Энергоэффективность», при величине коэффициента запаса $К_{зап} \geq 1{,}1$ следует пересчитать требуемые расчетные параметры теплоносителя, циркулирующего в системе, и в зависимости от соотношения величины бытовых теплопоступлений к расчетной нагрузке системы отопления рассчитать угол наклона температурного графика, поддерживаемого контроллером регулятора подачи теплоты в систему отопления, установленного в АИТП или АУУ (при теплоснабжении от ЦТП) по методике, приведенной в Методическом пособии;

б) на стадии ввода строящегося здания в эксплуатацию — исходя из сравнения фактического, определенного инструментально-расчетным методом в незаселенном здании (но с подключенной системой авторегулирования отопления и настройкой контроллера на определенный по методическому пособию график), пересчитанного на нормализованный отопительный период и ожи-

Таблица. Примерный перечень выгодоприобретателей и потерпевших сторон в результате реализации проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»

Категория	Примерный уровень выгоды / потери выгоды	Примечание
Выгодоприобретатели		
Строительные организации	менее 5,0 % — для зданий площадью менее 3 000 м²; менее 3,5 % — для зданий площадью от 3 000 до 5 000 м²; менее 1,5 % — для зданий площадью более 5 000 м²	Экономия достигается за счет сокращения затрат на реализацию ряда мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности зданий, и исключения из проектов нетрадиционных источников энергетических ресурсов
Поставщики энергетических ресурсов	от 10 до 20 %	Выгода обеспечивается за счет роста платы за подключение зданий к сетям (например, тепловым) и увеличения объемов потребления энергетических ресурсов во вновь возводимых зданиях
Потерпевшие стороны		
Собственники помещений в МКД	до 15 %	Дополнительные издержки за счет роста эксплуатационных расходов на отопление
Бюджет субъектов РФ	до 3 %	Дополнительные издержки за счет увеличения субсидий льготным категориям граждан и роста неплатежей за повысившийся уровень коммунальных услуг, а также за счет сокращений на предприятиях, которые производят энергоэффективные материалы и инженерное оборудование
Производители строительных материалов, изделий инженерного оборудования	до 10 %	Пострадают в основном компании, которые производят наиболее инновационные и энергоэффективные материалы, изделия, оборудование, так как сокращение издержек строительными организациями будет обеспечено за счет отказа от наиболее современных образцов строительной продукции. С уменьшением объемов выпуска компании будут вынуждены сокращать рабочих персонал, ввиду чего возрастет уровень безработицы

даемого (принятого в проекте) с учетом исходных данных по нормируемому воздухообмену, удельной величине бытовых теплопоступлений, степени автоматизации регулирования подачи теплоты в систему отопления и с учетом накопленной в период строительства влаги в ограждающих строительных конструкциях, удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и проектного значения аналогичного показателя;

в) на стадии ввода в эксплуатацию прошедшего капитальный ремонт здания и при установленном превышении запаса тепловой мощности системы отопления $К_{зап} \geq 1,1$ следует пересчитать требуемые расчетные параметры теплоносителя, циркулирующего в системе, и в зависимости от соотношения величины бытовых теплопоступлений к расчетной нагрузке системы отопления установить угол наклона температурного графика, поддерживаемого контроллером регулятора подачи теплоты в систему отопления, в соответствии с рекомендациями Методического пособия, и только после включения контроллера на заданный график, исходя из сравнения фактически измеренного за период не менее 14 суток, пересчитанного на нормализованный отопительный период и переведенного в удельную величину годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, и базового значения аналогичного показателя».

АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ ГОРШКОВ,
кандидат технических наук, независимый эксперт

В представленной редакции Проекта постановления отсутствуют три ключевых момента:

1. Перечень первоочередных и дополнительных технических требований энергетической эффективности.
2. Стратегия поэтапного уменьшения показателей, характеризующих годовые удельные расходы энергетических ресурсов в зданиях, строениях, сооружениях.
3. Требования к интеграции в энергетический баланс зданий, строений, сооружений нетрадиционных источников энергии и вторичных энергетических ресурсов.

С одной стороны, такие требования содержатся в приказе Минстроя России № 1550/пр. С другой стороны, отсутствие таких требований в Проекте постановления дает основания по изменению приказа № 1550/пр и их исключению из его состава. Если требования отсутствуют в «головном» документе, то они могут быть исключены из иных подзаконных актов.

Некоторые положения, приведенные в пояснительной записке (далее — ПЗ), не представляются обоснованными. В частности, в ПЗ отмечено, что в настоящее время отсутствует достоверная оценка фактической оценки учета расхода тепловой и электрической энергии за 3–4 отопительных периода, и далее утверждается, что погрешности условных моделей потребления зачастую превышают погрешности проектных расчетов. Это абсолютно не соответствует истине, так как фактические показания приборов учета тепловой энергии, установленных на абонентских вводах, не могут оказаться менее точными, чем проектный (расчетный) метод, который содержит большое количество допущений, точность которых весьма условна. Проектный (расчетный) метод не может, ни при каких обстоятельствах, оказаться точнее приборного метода, основанного на фактическом энергопотреблении.

Не составляет никакого труда собрать базу данных приборов учета тепловой энергии, установленных на абонентских вводах, за пять полных отопительных периодов, исключить из них наибольшее и наименьшее значения и усреднить показания приборов учета тепловой энергии по трем оставшимся отопительным периодам. Результаты сравнительного анализа расчетных и фактических показателей энергопотребления показывают, что в подавляющем большинстве случаев фактические показатели потребления тепловой энергии значительно выше расчетных (проектных). В этом случае фактический класс энергосбережения оказывается ниже проектного.

В проекте можно получить любой класс энергосбережения. Методика расчета удельного потребления тепловой энергии в зданиях содержит большое количество коэффициентов и показателей, изменяя которые можно добиться любого потребления и, как следствие, любого класса. Отсюда следует, что только фактические параметры энергопотребления, полученные на основании данных приборов учета тепловой энергии, могут объективно характеризовать энергетическую эффективность объекта теплопотребления. Классы энергосбережения, присвоенные на основании проектной документации, в большей степени характеризуют квалификацию исполнителей проектной документации и не отражают объективную информацию об объекте и объемах потребляемой в зданиях тепловой энергии.

Второй момент. В ПЗ к Проекту постановления указано, что его реализация обеспечит сокращение стоимости строительства на 10–15 %, а также сокращение эксплуатационных расходов на 20–30 %. Трудно согласиться с обоими этими положениями. Частично можно согласиться с тем, что реализация Проекта постановления обеспечит сокращение стоимости строительства, но не столь значительное. За счет сокращения издержек на установку современных тепловых пунктов с погодозависимым регулированием и сокращения затрат на утепление экономия затрат строительных компаний может составить от 1,5 до 5,0 % в зависимости от отапливаемой площади здания.

А вот эксплуатационные расходы при этом точно возрастут. Таким образом, реализация Проекта постановления в представленном виде перенесет издержки от одних бенефициаров (строительных организаций) к другим (собственникам помещений в многоквартирных домах).

Действительно, исключение обязательных требований энергетической эффективности и поэтапное их снижение уменьшат издержки строительных организаций за счет сокращения затрат на реализацию ряда энергосберегающих мероприятий. Это приведет к дополнительным эксплуатационным расходам собственников помещений. В выигрыше окажутся поставщики энергетических ресурсов, в проигрыше, помимо собственников, — бюджеты субъектов Российской Федерации за счет увеличения субсидий льготным категориям граждан и роста неплатежей за коммунальные услуги, которые также придется компенсировать за счет бюджетных средств.

Приблизительные последствия реализации представленного Проекта постановления приведены в таблице, из которой следует, что оценка последствий выполнена недостаточно объективно, а указанные в ПЗ показатели выгоды для бюджета Российской Федерации не являются обоснованными. **ЭС**

О влиянии параметров систем возбуждения и уставок защит генераторов

на обеспечение надежного электроснабжения потребителей

Павел Илюшин, к.т.н., ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации»;
Юрий Гуревич, к.т.н., ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева»;
Александр Куликов, д.т.н., ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева»

Статья печатается с разрешения журнала «Энергия единой сети» (№ 3 (52), 2020),
https://www.энергия-единой-сети.рф/publications/154-3-52-2020-g/1043-o-vlijanii-parametrov-sistem

Самая крупная из аварий на мировых электросетях за последние 60 лет произошла 9 ноября 1965 года в Нью-Йорке. Более 25 млн жителей региона в течение полусуток оставались без централизованного энергоснабжения. Столь масштабное отключение было вызвано аварией на одной из воздушных линий электропередачи, входящей в состав Ниагарского энергетического узла. В результате отключения одной линии пять оставшихся ЛЭП были моментально перегружены и в течение четырех секунд вышли из строя. Оставшиеся «островки» еще функционирующих сетей региона прекратили свою работу в течение последующих 15 минут.

Анализ статистических данных по нарушениям электроснабжения промышленных потребителей в энергорайонах с объектами распределенной генерации (РГ) позволяет сделать вывод, что важную роль в обеспечении надежности электроснабжения имеет правильный учет параметров систем возбуждения (СВ) и уставок устройств релейной защиты (РЗ) генераторов. В промышленных энергорайонах с объектами РГ регулярно фиксируются случаи, когда при кратковременном провале напряжения в результате короткого замыкания (КЗ) связь энергорайона с энергосистемой нарушается. Наиболее тяжелые режимы возникают в ремонтной схеме сети внешнего электроснабжения, когда питание энергорайона осуществляется по одной линии электропередачи. При этом генераторы объектов РГ либо не могут обеспечить надежное электроснабжение нагрузки энергорайона, что приводит к ее отключению, либо сами отключаются устройствами РЗ, действующими при снижении напряжения [1–3].

Первой причиной является некорректный выбор типа СВ на этапе проектирования системы электроснабжения энергорайона. Вторая причина заключается в том, что провал напряжения оказывается глубже или длительнее, чем допускают устройства РЗ генераторов. Последствия для промышленных потребителей могут быть существенными, если нарушается электроснабжение систем жизнеобеспечения и/или непрерывных технологических процессов.

Известно несколько типов СВ, различающихся как принципиальными особенностями, которые следует учитывать при интеграции объектов РГ в сети энергорайонов, так и мелкими нюансами, мало влияющими на функционирование генераторов. В различных схемно-режимных условиях с разным составом электроприемников потребителей одни свойства СВ не оказывают существенного влияния, а другие играют решающую роль.

Генераторы зарубежных заводов-изготовителей оснащаются СВ, которые спроектированы по требованиям национальных или общеевропейских стандартов. При этом алгоритмы работы и параметры настройки СВ обеспечивают качество напряжения в энергорайонах, устойчивость генераторов при внешних возмущениях, а также определяют характер протекания переходных процессов и параметры анормальных и аварийных режимов [4, 5].

В статье рассмотрены особенности СВ генераторов, широко используемых на объектах РГ, а также подходы к выбору уставок устройств РЗ с позиции потребителей электрической энергии, предъявляющих требования по надежности и качеству внешнего электроснабжения.

Особенности систем возбуждения генераторов

Рассмотрим широко применяемые типы СВ генераторов объектов РГ, которые перечислены в порядке возрастания показателей надежности электроснабжения потребителей, а также проведем анализ их особенностей.

1. СВ SHUNT используется на генераторах мощностью до 150 кВА, в отдельных случаях до 500 кВА, и предназначена для управления только установившимися режимами работы генераторов, непрерывное регулирование напряжения не предусмотрено. Так как питание СВ SHUNT осуществляется от шин генератора, то в установившихся режимах, допустимых по напряжению, мощности и току, СВ может обеспечиваться поддержание (на заданных значениях) тока возбуждения или напряжения генератора (реактивной мощности, коэффициента мощности).

Подобное управление эффективно при оптимизации режимов энергорайона, например, по критерию минимизации потерь, с учетом других имеющихся в энергорайоне средств регулирования параметров режима. Уязвимость СВ SHUNT проявляется при возникновении провала напряжения на шинах генератора (КЗ в сети внешнего или внутреннего электроснабжения, несинхронное автоматическое повторное включение и др.). При отсутствии регулирования напряжения ток возбуждения генератора уменьшается пропорционально снижению напряжения на его шинах, что не позволяет стабилизировать параметры режима. Допустимость применения генераторов с СВ SHUNT должна быть обоснована результатами расчетов режимов в конкретных схемно-режимных условиях.

2. СВ PMG (Permanent Magnet Generator) отличается от SHUNT наличием собственного источника питания — вращающегося возбудителя с независимым подвозбуждением от постоянных магнитов (ток возбуждения не зависит от напряжения на шинах генераторного напряжения), что снижает вероятность возникновения негативных последствий при провалах напряжения на шинах генераторов.

На рис. 1 приведены результаты расчетов переходных процессов при трехфазном КЗ ($t_{КЗ}$ = 0,18 с) в сети внешнего электроснабжения энергорайона с объектом РГ, имеющим слабые связи с энергосистемой, для случаев, когда генераторы оснащены СВ SHUNT и СВ PMG. В результате КЗ напряжение снижается ниже уставки устройства РЗ генераторов ($U \le 0{,}8U_{ном}$) на время больше 1,2 с для СВ SHUNT (см. рис. 1а) и больше 0,8 с для СВ PMG (см. рис. 1б) по причине самозапуска электродвигателей [6]. Если уставка устройств РЗ генераторов по напряжению равна примерно 1 с, то генераторы с СВ SHUNT будут отключены, а с СВ PMG останутся в работе.

3. СВ AREP (патент Leroy-Somer) дает результаты расчетов переходных процессов близкие к СВ PMG и в некоторой мере повышает устойчивость нагрузки, увеличивая ток возбуждения при росте тока статора (введено компаундирование по току статора).

4. Аналоговый или цифровой автоматический регулятор напряжения, которым оснащаются СВ генераторов по требованию заказчика, применяется на генераторах малой мощности, где возможны различия в выборе параметров, используемых в законе регулирования, а также в его быстродействии. Важными факторами в этом случае являются потолочное значение тока возбуждения и скорость его нарастания, что влияет на скорость стабилизации параметров режима после ликвидации возмущения.

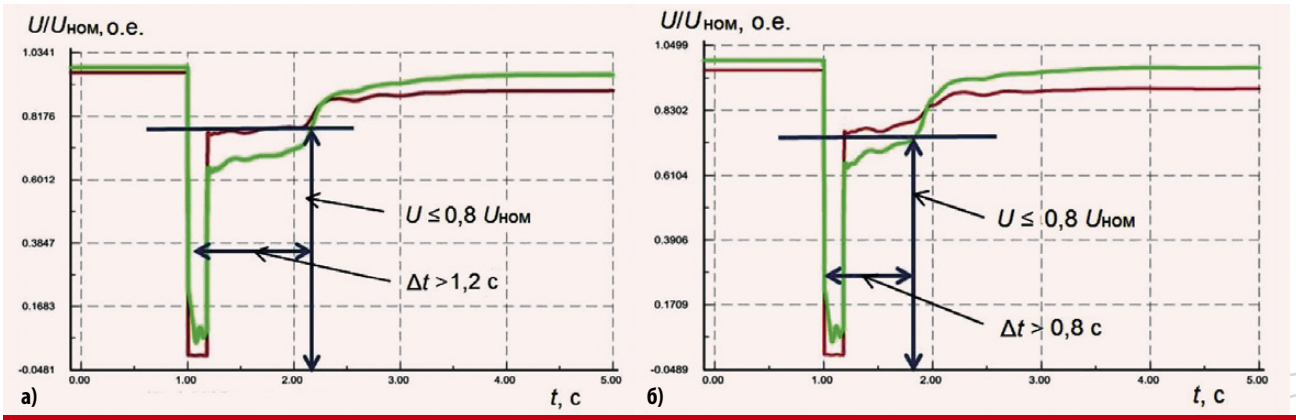


Рис. 1. Переходный процесс при трехфазном КЗ: а) генераторы с СВ SHUNT, б) генераторы с СВ PMG

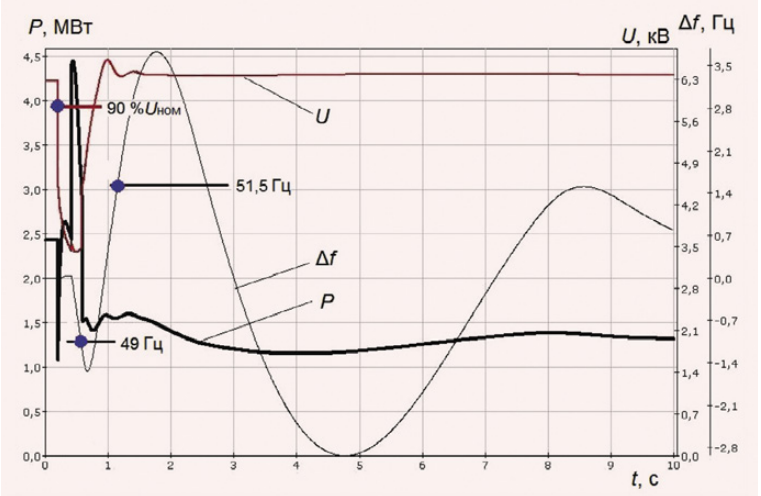


Рис. 2. Переходный процесс при выделении ГПЭС в островной режим с нагрузкой (уставки устройств РЗ по снижению *U* отклонению *f* — синие точки)

5. Специализированный автоматический регулятор напряжения с дополнительными функциями для улучшения параметров переходных процессов при набросах и сбросах нагрузки. В данном случае возможно применение следующих вариантов регулирования:

• характеристика *U/f* обеспечивает практически мгновенное нарастание напряжения генератора при провалах напряжения на шинах;

• функция Load Agreement Module обеспечивает более сложный закон регулирования с его адаптивной настройкой при набросах нагрузки на генератор свыше 60 % от $P_{ном}$.

Указанные виды регулирования наиболее востребованы в генераторах при их функционировании в изолированных энергосистемах (энергорайонах), а также в случае выделения энергорайона в островной режим в результате коммутаций в сети. Исследование данных видов регулирования показало, что:

• снижение напряжения генератора с приводом от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с функцией Load Agreement Module является эффективной мерой, позволяющей уменьшить динамические снижения частоты при набросах нагрузки на генератор, при условии, что величина активной нагрузки существенно зависит от напряжения;

• снижение напряжения может не давать положительного эффекта, если величина нагрузки мало зависит от напряжения, а это характерно для узлов нагрузки, в которых бóльшую часть активной мощности потребляют электродвигатели;

• если переключение питания нагрузки выполняется с бестоковой паузой, как в случае срабатывания устройства автоматического ввода резервного питания (АВР), то условия самозапусков и пусков асинхронных двигателей при снижении напряжения существенно ухудшаются;

• инициируемое функцией Load Agreement Module снижение напряжения на генераторе может быть недопустимым, если оно приводит к отключению электроприемников и провоцирует возникновение в энергорайоне лавины напряжения [7–9].

Следовательно, до заказа генераторов, в СВ которых реализована функция Load Agreement Module, необходимо провести предварительный анализ результатов расчетов переходных процессов для подтверждения допустимости ее наличия в конкретных схемнорежимных условиях.

Компания Leroy-Somer определяет основные области применения генераторов с СВ следующим образом: SHUNT — базовое резервное электроснабжение и телекоммуникации; PMG, AREP — море, строительство, госпитали, банки, производство электроэнергии. Отметим, что электроснабжение энергорайонов с промышленной нагрузкой, имеющей в своем составе большое количество электродвигателей, в перечень основных областей применения генераторов с указанными СВ не входит [10]. Системы возбуждения PMG и AREP, кроме того, допускают повышение тока статора до трехкратного (по отношению к $I_{ном}$) в течение 10 с, что обусловлено не форсировкой возбуждения, а появлением свободных составляющих в токе КЗ. Таким образом, СВ SHUNT, PMG и AREP имеют одну и ту же область эффективного применения: установившиеся режимы без перегрузок при стабильном напряжении на шинах. Кратковременные снижения напряжения при возникновении внешних возмущений будут приводить к отказам генераторов в случае применения СВ SHUNT с наибольшей вероятностью и с наименьшей — при оснащении СВ AREP.

Результаты расчетов переходных процессов показывают, что обеспечить надежное электроснабжение промышленных потребителей от генераторов с СВ типа SHUNT, PMG и AREP в большинстве схемно-режимных ситуаций при возникновении нормативных и особенно сверхнормативных возмущений не представляется возможным. Системы возбуждения, оснащенные аналоговым или цифровым, а также специализированным автоматическим регулятором напряжения с дополнительными функциями, предусматривают реализацию алгоритмов регулирования как в установившихся режимах, так и в переходных процессах.

Параметрирование устройств РЗ генераторов

Заводы-изготовители для защиты генераторов от резких колебаний параметров режима задают такие уставки устройств РЗ, которые приводят к значительному сужению области допустимых режимов, препятствуя их нормальной работе. Причины отключений генераторов связаны с тенденциями к повышению их экономичности и эффективности, с учетом того, что время ликвидации аварийных возмущений снижается, а скорость восстановления параметров послеаварийного режима возрастает. Уставки устройств РЗ генераторов при этом часто невозможно согласовать с уставками защит электросетевых элементов, что приводит к их излишним отключениям [11–13].

Неселективные отключения генераторов объектов РГ приводят к нарушению электроснабжения потребителей, набросам нагрузки на электросетевое оборудование в прилегающей сети, вызывая его перегрузки. Принципиально то, что уставки устройств РЗ генераторов не подлежат изменению без согласования с заводом-изготовителем в течение всего гарантийного срока, а в случае их самовольного изменения гарантийные обязательства снимаются в одностороннем порядке.

Рассмотрим пример газопоршневой электростанции (ГПЭС), состоящей из четырех генераторов мощностью по 2,4 МВт, уставки защит которых действуют на их отключение, если в течение 0,2 с во всех трех фазах напряжения выше 110 % или ниже 90 % от $U_{ном}$. Характер протекания переходного процесса существенно зависит от состава нагрузки и результирующей устойчивости электродвигателей переменного тока. Пример переходного процесса при выделении ГПЭС в островной режим с промышленной нагрузкой (дефицит активной мощности 15 %) приводит к отключению всех генераторов и нарушению электроснабжения нагрузки. На рис. 2 показан переходный процесс (устройства РЗ выведены из работы), который заканчивается удовлетворительно, однако в реальной ситуации устройства РЗ отключат генераторы.

Уставки устройств РЗ генераторов по снижению напряжения без контроля токов абсолютно не обоснованы, так как опасность термического повреждения обмоток наступает только в тех случаях, когда кратность и/или длительность аварийных перегрузок по току статора или ротора превышают допустимые значения.

Величины токов определяются заводами-изготовителями с учетом конструктивных особенностей генераторов: класса нагревостойкости (температурный индекс) изоляции обмоток с корреляцией по значениям температуры; типа системы охлаждения и используемой охлаждающей среды обмоток статора и ротора. В случае превышения данных значений по величине и длительности тока статора устройства РЗ действуют на отключение генератора от внешней сети, а тока ротора — на снижение тока возбуждения (расфорсировка возбуждения) до величины, исключающей опасный перегрев обмотки ротора. Кроме того, при выборе уставок устройств РЗ генераторов следует учитывать, что фактическая длительность провала напряжения примерно в 2 раза больше, особенно при трехфазном КЗ, так как до восстановления номинальных скоростей вращения ток затормозившихся в процессе КЗ электродвигателей существенно выше номинального. Пример переходного процесса с увеличением длительности провала напряжения после ликвидации КЗ из-за самозапусков электродвигателей в узлах нагрузки приведен на рис. 3.

Важно то, что на отключение генераторов действуют устройства РЗ с уставками по отклонениям частоты ($f < f_{min}$ и $f > f_{max}$), которые учитывают:

- механические ограничения на превышение скорости (механическая прочность);
- недопущение приближений к резонансным частотам, при которых резко увеличивается амплитуда вибраций;
- недопущение снижений скорости (частоты) вращения с целью предотвращения отказов или неправильной работы вспомогательного оборудования, обеспечивающего нормальное функционирование привода генерирующей установки, например, нарушение процесса самовоспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания.

Возмущения в виде больших скачкообразных набросов/сбросов нагрузки, происходящие без КЗ, также могут приводить к отключению генераторов в островном режиме работы, что возможно при включении/отключении мощных электроприемников или их групп. Заводы-изготовители генераторов в технической документации указывают допустимые величины набросов нагрузки в зависимости от исходной нагрузки генератора, которые не приводят к их отключению устройствами РЗ или технологическими защитами. В этом случае обосновано применение технологической автоматики, обеспечивающей последовательные пуски небольших групп двигателей с контролем напряжения с учетом особенностей технологических процессов промышленных производств, или устройств плавного пуска (частотно-регулируемого привода) на наиболее мощных электродвигателях.

Если шины генераторного напряжения (непосредственно или через силовой трансформатор) связаны с разветвленной сетью среднего напряжения 6–35 кВ, в которой применяются максимальные токовые защиты с селективностью по времени, то вероятность излишних отключений генераторов существенно возрастает [14]. Следовательно, на этапе проектирования энергорайонов с объектами РГ необходимо проводить глубокий анализ результатов расчетов переходных процессов для оценки допустимости применения конкретных типов генераторов (параметров СВ, уставок устройств РЗ) с целью обеспечения надежного электроснабжения потребителей от объектов РГ.

Особенности моделирования и расчетов режимов в сетях с РГ

Данный анализ следует проводить в нормальных и анормальных режимах. Если нарушения нормальной работы генераторов могут приводить к ущербам у потребителей, то для формирования перечня эффективных противоаварийных мероприятий необходимо выполнение расчетов для всех возможных опасных режимов.

При выполнении таких расчетов следует учитывать две особенности используемых программных комплексов (ПК):

1) в ряде ПК используется упрощенное описание систем регулирования текущей мощности, развиваемой паротурбинным приводом генератора, что без специальной адаптации непригодно для моделирования газотурбинных двигателей и двигателей внутреннего сгорания (например, газопоршневых);

2) основная область применения ПК — расчеты в системообразующих сетях, где переходные процессы мало зависят от корректности используемых моделей нагрузки, однако в энергорайонах с объектами РГ это принципиально.

При формировании расчетной модели и последующем выполнении расчетов режимов особое внимание следует уделять:

- точности параметров схемы замещения сети и электростанций (объектов РГ) в рассматриваемом энергорайоне, а также на ближайших к энергорайону участках энергосистемы;
- параметрам настройки устройств РЗ (точности информации о предельных длительностях КЗ) в сети внешнего и внутреннего электроснабжения энергорайона;

Рис. 3. Переходный процесс при трехфазном КЗ с учетом самозапусков электродвигателей

• особенностям технологических процессов на промышленных предприятиях;
• параметрам электродвигателей переменного тока (состав параметров зависит от особенностей применяемого ПК для расчетов режимов);
• индивидуальному или обобщенному введению в расчетную модель основных электродвигателей нагрузки (зависит от класса напряжения и установленной мощности электродвигателей);
• статистическим данным по однофазным и многофазным КЗ различной длительности (являются вспомогательными, но позволяют судить о вероятностях возникновения возмущений и вызываемых ими нарушений);
• сведениям, необходимым для проверки согласованности действий технологической автоматики, управляющей основными технологическими процессами, с действием защит генераторов для предотвращения их излишних отключений и минимизации ущербов от нарушений электроснабжения [15–17].

Основная сложность выполнения расчетов переходных процессов в энергорайонах с объектами РГ заключается в многообразии вариантов, которые подлежат рассмотрению:
• исходная схема энергорайона и ее ремонтные разновидности (наибольшее влияние оказывает наличие и количество связей энергорайона с энергосистемой);
• объем располагаемой генерации в энергорайоне с учетом текущей схемы сети внутреннего электроснабжения энергорайона;
• особенности генераторов на объектах РГ (параметры СВ, уставки и выдержки времени устройств РЗ, законы регулирования мощности приводов генераторов — принципы регулирования и запаздывания при наборе мощности);
• величины нагрузок и вариации их состава (от максимума до минимума), если эти вариации существенны, с учетом их различного размещения в сети внутреннего электроснабжения энергорайона;
• места приложения нормативных и сверхнормативных возмущений, с учетом статистических данных;
• особенности срабатывания устройств РЗ в сети энергорайона при предельных длительностях многофазных КЗ;
• другие особенности энергорайона, которые в том числе могут возникнуть в перспективной схеме [18].

Если рассчитанные переходные процессы заканчиваются неуспешно (часть электрооборудования отключается и остается отключенной, часть электродвигателей опрокидывается и отключается устройствами РЗ и др.), то следует предусматривать реализацию эффективных противоаварийных мероприятий (ПАМ) с учетом их экономической целесообразности:
• установку устройств противоаварийной автоматики, алгоритмы работы и параметры настройки которых необходимо согласовывать с уставками технологических защит;
• увеличение установленной мощности генераторов на объектах РГ;
• установку накопителей электрической энергии и др.

При выборе ПАМ следует помнить, что обычно рассчитывается не весь переходный процесс (от начального возмущения до возврата к нормальному режиму), а только его начальная часть, позволяющая выявить электрооборудование, нормальная работа которого может быть нарушена, что и определяет характеристики анормального режима [19, 20].

Расчетная схема большого энергорайона должна включать не все электрооборудование, а только то, параметры которого могут оказывать существенное влияние на результаты расчетов. Поэтому, приступая к расчетам режимов, необходимо стремиться к:
• уменьшению их объема за счет исключения простых случаев, когда достаточно понимания характера переходного процесса (например, срабатывание устройств РЗ генераторов при снижении напряжения в результате близких КЗ);
• сокращению числа логических и расчетных вариантов, предварительно группируя виды расчетов по классам (например, по видам нормативных и сверхнормативных возмущений) таким образом, чтобы можно было провести анализ результатов и делать выводы об эффективности ПАМ.

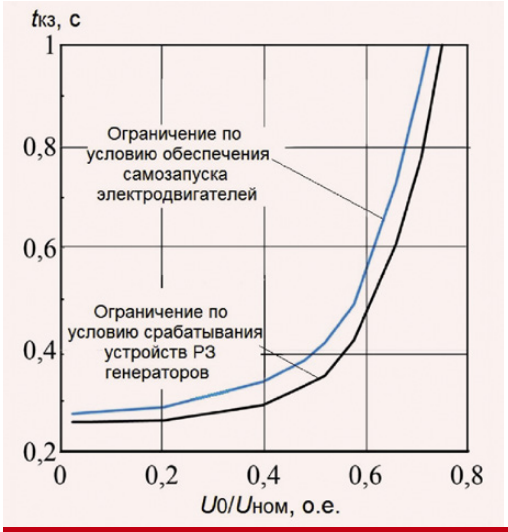


Рис. 4. Допустимые параметры глубины и длительности провала напряжения при КЗ

Рассмотрим пример группировки расчетных задач по начальным возмущениям для энергорайона с объектом РГ:

1. Нормальный пуск крупного электродвигателя (для формирования перечня ПАМ особенно важно анализировать их прямые пуски, оказывающие существенное влияние на режим работы сети).

2. Переключение питания групп электродвигателей с бестоковой паузой, если такие переключения могут иметь место по технологическим или электрическим факторам, но не связанным с КЗ в сети энергорайона.

3. Режимы КЗ в сети с соответствующими бестоковыми паузами при действиях устройств АВР, автоматического повторного включения (АПВ) и др. с определением возможности и допустимости самозапуска электродвигателей (или автоматического повторного пуска ступенями с контролем напряжения).

Следует учитывать КЗ как в сети энергорайона, так и во всех связанных с ним сетях, особенно более низких классов напряжения, где применяются в качестве основных или резервных максимальные токовые защиты с селективностью по времени (большие длительности КЗ). В большинстве случаев требуется задание двух начальных параметров возмущения: глубины провала напряжения, измеренного на шинах генераторов в начале КЗ (U_0), и длительности КЗ. Напряжение U_0 — параметр, легко вычисляемый и удобный для сравнения тяжести КЗ в разных схемно-режимных условиях. Однако его недостаточно для выводов о срабатываниях (несрабатываниях) устройств РЗ генераторов по напряжению, так как пока КЗ не ликвидировано, напряжение дополнительно понижается из-за роста токов тормозящихся электродвигателей. Следовательно, необходимо контролировать весь переходный процесс *U (t)*.

На рис. 4 приведены результаты расчетов для энергорайона с объектом РГ, работающего в островном режиме. Определялись условия, при которых, во-первых, осуществим самозапуск всех электродвигателей, и, во-вторых, генераторы не отключаются действием устройств РЗ по снижению частоты (уставка по частоте 47,5 Гц, выдержка времени 2 с).

В дополнительных сериях расчетов (например, при снижении напряжения) следует определять допустимость влияния на технологический процесс отключений неответственных электродвигателей, обеспечивающих успешный самозапуск наиболее ответственных.

Выводы

В промышленных энергорайонах с объектами РГ регулярно фиксируются случаи, когда при кратковременных провалах напряжения в результате КЗ нарушается электроснабжение ответственных электроприемников, что приводит к аварийному останову технологических процессов с соответствующими ущербами.

На объектах РГ находят широкое применение генераторы с системами возбуждения, которые предназначены для управления только установившимися режимами без перегрузок при стабильном напряжении на шинах, а непрерывное регулирование напряжения в них не предусмотрено.

Уставки устройств РЗ, заданные заводами-изготовителями генераторов, часто не обоснованы, что препятствует их нормальной работе, не позволяет согласовать с уставками устройств РЗ электросетевых элементов, а также приводит к их излишним отключениям.

Современные схемы возбуждения, кроме возбудителя, содержат большое количество вспомогательного оборудования. Совокупность возбудителя, вспомогательных и регулирующих устройств принято называть системой возбуждения.

Системы возбуждения должны быть надежными и экономичными, допускать регулирование тока возбуждения в необходимых пределах, быть достаточно быстродействующими, а также обеспечивать потолочное возбуждение при возникновении аварии в сети.

Регулируя ток возбуждения, такие системы изменяют напряжение синхронного генератора и отдаваемую им в сеть реактивную мощность. Регулирование возбуждения генератора позволяет повысить устойчивость параллельной работы.

Расчеты переходных процессов в энергорайонах с объектами РГ имеют существенные особенности, в отличие от аналогичных расчетов в системообразующих сетях, которые необходимо учитывать при проектировании.

Если анализ результатов расчетов режимов показывает, что нарушения нормальной работы генераторов приводят к нарушениям электроснабжения ответственных электроприемников потребителей, то на этапе проектирования энергорайона необходимо предусматривать реализацию эффективных противоаварийных мероприятий.

Для обеспечения надежного электроснабжения потребителей от объектов РГ, особенно в островном режиме, необходимо при проектировании обеспечить правильный выбор систем возбуждения и уставок устройств РЗ генераторов. **ЭS**

Литература

1. Воропай Н. И., Осак А. Б. Будущие электроэнергетические системы — тенденции и проблемы // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2015. № 4. С. 2–4.
2. Папков Б. В., Осокин В. Л. Теоретические основы надежности и эффективности электроснабжения: Учеб. пособие. Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2019.
3. Илюшин П. В. Анализ обоснованности уставок устройств РЗА генерирующих установок с двигателями внутреннего сгорания на объектах распределенной генерации // Релейная защита и автоматизация. 2015. № 3. С. 24–29.
4. Гуревич Ю. Е., Кабиков К. В. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя. М.: ЭЛЕКСКМ, 2005.
5. Илюшин П. В., Куликов А. Л. Автоматика управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с распределенной генерацией: монография. Нижний Новгород: НИУ РАНХиГС, 2019.
6. Илюшин П. В., Симонов А. В. О функционировании распределенных источников энергии с силовыми преобразователями в составе энергосистем и изолированных энергорайонов // Релейная защита и автоматизация. 2020. № 2. С. 30–38.
7. Илюшин П. В., Гуревич Ю. Е. О специальном воздействии на систему возбуждения автономно работающих генераторов при больших набросах нагрузки // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2016. № 2. С. 2–7.
8. Илюшин П. В. Особенности реализации многопараметрической делительной автоматики в энергорайонах с объектами распределенной генерации // Релейная защита и автоматизация. 2018. № 2 (31). С. 12–24.
9. Илюшин П. В. О влиянии распределенной генерации на работу устройств автоматического включения резервного питания // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 4 (29). С. 28–36.
10. Leroy-Somer: Системы возбуждения синхронных генераторов LSA [Электронный ресурс]. URL: http://xn– –7sboc0ajnnfgt.xn — p1ai/publ/generacija_ehlektroehnergii/tekhnologiii/leroy_somer_sistemy_vozbuzhdenija_sinkhronnykh_generatorov_lsa/4–1-0–1 (дата обращения: 30.12.2019).
11. Илюшин П. В. Анализ особенностей выбора устройств РЗА в распределительных сетях с собственными генерирующими объектами небольшой мощности // Электрические станции. 2017. № 9. С. 29–34.
12. Илюшин П. В., Королев Я. М., Симонов А. В. Комплексный подход к моделированию устройств РЗ и ПА, расчету уставок и анализу правильности их работы // Релейная защита и автоматизация. 2017. № 3. С. 13–19.
13. Илюшин П. В. Анализ влияния распределенной генерации на алгоритмы работы и параметры настройки устройств автоматики энергосистем // Энергетик. 2018. № 7. С. 21–26.
14. Куликов А. Л., Шарыгин М. В., Илюшин П. В. Принципы организации релейной защиты в микросетях с объектами распределенного генерирования электроэнергии // Электрические станции. 2019. № 7 (1056). С. 50–56.
15. Илюшин П. В. Разработка схем выдачи мощности объектов распределительной генерации с учетом особенностей современных генерирующих установок // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 2 (53). С. 28–35.
16. Куликов А. Л. Анализ и оценка последствий отключения потребителей электроэнергии: коллективная монография / А. Л. Куликов, Б. В. Папков, М. В. Шарыгин. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2014.
17. Непомнящий В. А. Экономические потери от нарушений электроснабжения потребителей. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
18. Илюшин П. В. Особенности учета параметров нагрузки при анализе переходных процессов в сетях с объектами распределенной генерации // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 6 (51). С. 54–60.
19. Илюшин П. В., Суханов О. А. Структура систем противоаварийного управления распределительными сетями крупных городов // Электротехника. 2014. № 3. С. 14–19.
20. Илюшин П. В. Требования к разгрузке при вынужденном отделении от сети электростанции с собственными нуждами и нагрузкой на напряжении 6–10 кВ // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2011. № 6. С. 23–27.

О применении внутрифазных распорок-гасителей

совместно с защитными спиральными протекторами

Сергей Колосов, Dr. Es. Sc., заместитель генерального директора по научной работе АО «Электросетьстройпроект»;
Сергей Максимов, генеральный директор ЗАО «НТЦ «Электросети»
Фото авторов

Применение распорок-гасителей

Внутрифазные распорки-гасители (также применяются термины «распорки-демпферы» и «демпфирующие распорки») применяются на расщепленной фазе ВЛ вместо глухих жестких распорок. Преимущества распорок-гасителей заключаются в том, что они поглощают энергию механических колебаний, вызванных ветровыми воздействиями — субколебаниями и эоловой вибрацией. В случае применения глухих жестких распорок, вся энергия колебаний идет на разрушение проводов, арматуры, изоляторов и опор, тогда как распорки-гасители рассеивают эту энергию, переводя ее в тепло. Средняя рассеиваемая мощность на одной распорке-гасителе может достигать 30 Вт. Этой мощности достаточно, чтобы погасить субколебания за несколько периодов, мощности гашения также достаточно для подавления эоловой вибрации. При этом необходимо отдельно отметить, что никаких других технических способов подавления субколебаний не существует. Кроме того, подавление эоловой вибрации гасителями вибрации типа Стокбриджа, установленными по концам пролета, в подпролетах между распорками неэффективно, поскольку подпролеты отделены от гасителей вибрации распорками.

Во многих странах мира — США, Великобритании, Германии, Франции, Швейцарии, Италии, Турции и др. в пролетах расщепленной фазы применяют распорки-гасители и не применяют жесткие глухие распорки. Единственное применение жестких глухих распорок на воздушных линиях электропередачи — шлейфы анкерных и анкерно-угловых опор и территория подстанций.

В Российской Федерации распорки-гасители применяются с начала 2000-х годов. За это время смонтированы сотни тысяч распорок и наработан большой опыт их эксплуатации. Отдельно следует отметить, что опыт эксплуатации распорок-гасителей в нашей стране имеется только для проводов, изготовленных из проволок круглого сечения. Это почти исключительно провода АС по ГОСТ 839-80.

Варианты конструкций зажима распорок-гасителей

Независимо от вида, любой зажим распорки-гасителя должен обеспечивать выполнения следующих требований [см. 2–3]:

- прочность заделки распорки на проводе при проскальзывании и при прокручивании не менее заданной величины;
- отсутствие повреждения провода в месте установки распорки-гасителя во всех режимах эксплуатации;
- простота и безопасность установки распорки.

Применяются три основных типа крепления распорок гасителей к проводу:

1) металлический зажим;
2) обрезиненный зажим;
3) спиральное крепление.

Группа компаний «Локус» является партнером АО «Электросетьстройпроект» и готова обеспечить поставку продукции этой компании во все регионы России.

Существуют различные варианты исполнений зажимов [см. 1]. Металлические зажимы всегда имеют болтовое крепление, обрезиненный зажим может иметь болтовое крепление либо крепление при помощи специального замка, спиральный зажим может быть металлическим или иметь резиновый вкладыш. Примеры внешнего вида зажимов различной конструкции приведены на рис. 1–4.

Металлический зажим получил большое распространение в Японии и Европе. В РФ и странах бывшего СССР металлический зажим с болтовым креплением является фактически безальтернативным. Обрезиненный зажим с различным типом крепления широко применяется в США и Китае. Спиральное крепление является наиболее редким.

Следует отметить, что нигде в мире не является серийным решением установка распорки-гасителя на спиральный защитный протектор, несмотря на широчайшее распространение спиральной арматуры, вообще и спиральных протекторов в частности. Так, работа [1], являющаяся на настоящий момент наиболее полным обзором конструкций распорок-гасителей, не содержит ни одного примера установки распорки-гасителя на спиральный протектор. Вместе с тем, такой способ установки не является недопустимым. СТО 56947007-29.120.10.158-2013 ПАО «Россети» [4] прямо предусматривает возможность монтажа распорки-гасителя на защитный спиральный протектор.

Преимущества и недостатки способов крепления распорок-гасителей к проводам

1. *Металлический зажим с болтовым креплением.* Преимуществом болтового зажима является простота и распространенность конструкции, возможность многократного монтажа распорки (в случае применения обычных болтов) без замены комплектующих. Недостатками такого решения являются необходимость затяжки болтового соединения нормированным моментом, защита соединения от самоотвинчивания и невозможность визуального контроля правильности монтажа. Необходимость затяжки нормированным моментом и защита от самоотвинчивания не являются серьезными проблемами. Болтовые соединения с нормированным моментом затяжки широко применяются на ВЛ. Затяжка нормированным моментом не представляет сложности, если каждый зажим затягивается один раз одним и тем же моментом, надежные системы стопорения также существуют (например, запатентованная система разработки АО «ЭССП»).

Рис. 1. Металлический зажим с болтовым креплением. Вид со стороны гайки

Рис. 2. Обрезиненный зажим с болтовым креплением. Используется болт со срывной головкой

Рис. 3. Обрезиненный зажим с креплением при помощи замка.

Рис. 4. Спиральное крепление распорки. Зажим распорки имеет резиновый вкладыш (Фото CIGRE)

Существенным недостатком болтового крепления является невозможность визуально проконтролировать момент затяжки собранного соединения. Внешне соединение, затянутое половиной номинального момента, ничем не отличается от затянутого номинальным моментом. Это же верно и для случая, когда соединение затянуто моментом больше номинального. Существующие решения визуальной индикации момента затяжки, основаны, как правило, на контроле удлинения болта (шпильки), угла поворота гайки или деформации специальных элементов [5]. Такие решения, как правило, дороги и трудоемки и в силу этих причин не применимы для таких изделий, как распорки-гасители.

Одним из способов отказаться от моментного ключа является применение болтов со срывной головкой. Но такие болты имеют существенно большую стоимость по сравнению с обычными, кроме того, для повторного монтажа распорки болты требуется менять.

2. *Обрезиненный зажим с болтовым креплением* имеет те же недостатки и преимущества, что и металлический. Обрезиненный зажим с креплением при помощи замка отличается простотой и высокой скоростью монтажа, но требует специального инструмента (рис. 5). Кроме того, крепление при помощи замка минимизирует ошибки монтажа, поскольку имеет только два положения: 1) крепление собрано правильно, замок закрыт; 2) крепление собрано неправильно, замок открыт. Таким образом, неправильный монтаж зажима можно своевременно заметить и устранить, не допустив повреждения провода.

Рис. 5. Клещи для монтажа распорок обрезиненным зажимом и замковым креплением

Недостатком обрезиненного зажима является собственно резиновый вкладыш. К такой резине предъявляются очень высокие требования по стойкости к атмосферным воздействиям, ультрафиолету и озону. Из-за суровых условий эксплуатации по стойкости к этим параметрам резина зажима должна превосходить резину, применяемую для демпферов распорок. Повреждение резинового вкладыша или потеря резиной упругих свойств приводят к отказу распорки и повреждению провода.

В РФ отсутствует опыт эксплуатации распорок с обрезиненными зажимами. Отношение к таким конструкциям со стороны как проектных, так и эксплуатирующих организаций достаточно настороженное. СТО ПАО «Россети» [4] вскользь упоминает возможность существования обрезиненного крепления с замком в разделе 4.1 «Основные параметры и характеристики» в части, касающейся состава распорки, однако далее фактически запрещает такие распорки пунктом 4.1.2.8, гласящим, что распорка должна монтироваться при помощи стандартного инструмента. В разделе 8 «Методы испытаний» описаны испытания только болтовых креплений. Требования к материалу резиновых вкладышей зажимов в указанном СТО отсутствуют. Ожидать появления в эксплуатации распорок с обрезиненными зажимами в обозримом будущем не приходится.

3. *Спиральное крепление*. Его достоинства — скорость и простота монтажа. Недостатки — необходимость замены спиралей на новые при повторном монтаже и значительные габариты крепления. Такой тип крепления имеет небольшое распространение относительно двух других. В РФ распорки-гасители со спиральным креплением не применяются.

Повреждающие воздействия на провод в месте установки распорки

Основные воздействия, которые могут привести к повреждению провода в месте установки распорки-гасителя, и виды таких повреждений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета токов короткого замыкания

№	Вид воздействия	Возникающие повреждения
1	Вибрационное воздействие (эолова вибрация, субколебания)	Усталостные разрушения проволок провода на выходе из зажима распорки
2	Раздавливающее усилие	Смятие проволок провода
3	Короткое замыкание	Изгибные деформации проволок из-за малого радиуса изгиба провода вокруг зажима распорки

Применение спирального протектора

Спиральные защитные протекторы широко применяются в местах установки различной арматуры, в том числе защитной, на провода, кабели и тросы. Такие протекторы применяются для снижения раздавливающих усилий и уменьшения изгибных напряжений в поволоках провода на выходе из поддерживающих зажимов, зажимов защитной арматуры типа гасителей вибрации и т.п. Вместе с тем распорки-гасители повсеместно применяются без защитных спиральных протекторов. Никакой нормативный документ международных организации, например, МЭК 61854 или СИГРЭ ТБ 277 не содержит рекомендаций устанавливать распорки-гасители на защитный протектор.

Это объясняется тем, что, во-первых, от раздавливающих усилий в зажиме распорки провод всегда защищен конструкцией самого зажима: либо ограничением величины момента затяжки, либо наличием резинового вкладыша, либо спиральным креплением. Во-вторых, изгибные напряжения на выходе из зажима распорки-демпфера невелики из-за особенностей конструкции: достаточно большой свободы движения луча распорки в ее корпусе. Согласно требованиям МЭК 61854 и ГОСТ Р 51177 обеспечивается четыре вида движений: продольное горизонтальное, поперечное, вертикальное и коническое. Примеры таких движений показаны на рис. 6–9, взятых из МЭК 61854.

Наличие такой свободы перемещения существенно отличает распорку-гаситель от гасителя вибрации с точки зрения воздействия на провод. Применение спиральных проекторов совместно с распорками-гасителями на проводах из проволок круглого сечения не требуется с точки зрения защиты поводов от всех видов воздействий, приведенных в таблице 1. Это подтверждается как мировым, так и отечественным опытом эксплуатации. Однако из опыта применения как распорок-гасителей так и спиральной арматуры можно сказать, что такое решение, по меньшей мере, не снижает характеристики системы «провод-распорка» при условии правильного выбора конструкции как распорки, так и протектора.

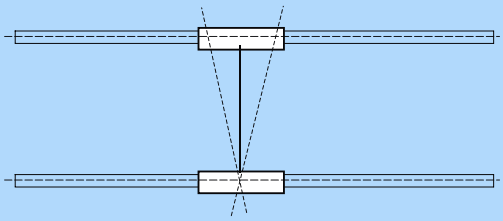


Рис. 6. Продольное перемещение

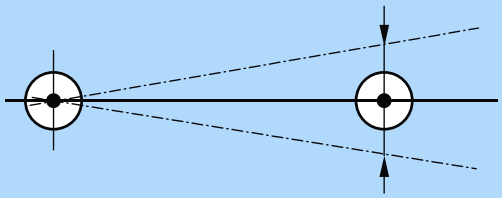


Рис. 7. Вертикальное перемещение

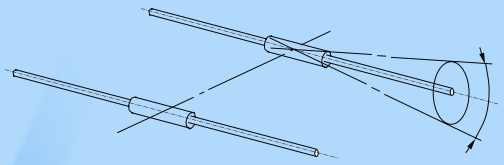


Рис. 8. Коническое вращение

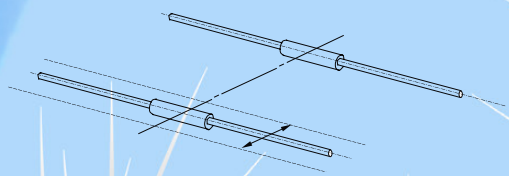


Рис. 9. Поперечное горизонтальное перемещение

Установка распорок-гасителей на спиральный протектор при их применении с проводами из круглых проволок в ряде случаев может быть оправдана. Примером такой ситуации может быть, например, сокращение номенклатуры зажимов распорок. В этом случае один типоразмер зажима можно применять с большим количеством проводов за счет использования спирального протектора. Такое решение актуально такое для проводов из круглых проволок, отличных по маркоразмерному ряду от проводов АС.

Недостатком такого решения является увеличенная трудоемкость из-за необходимости монтировать под каждую распорку протекторы по числу проводов в фазе и необходимость замены протектора при изменении места установки распорки, так как повторный монтаж спиральных протекторов после их демонтажа запрещен.

Вопрос о применении спирального протектора при установке распорок-гасителей на компактированные повода является довольно сложным. Опыт применения распорок-гасителей с компактированными проводами отсутствует. СИГРЭ не рекомендует применять компактированные провода для расщепленной фазы из-за того, что поведение таких проводов в зоне зажима распорки при коротком замыкании не исследовано. Известно, что компактированные провода в основном имеют больший допустимый радиус изгиба, чем равные по диаметру провода из круглых поволок. При коротком замыкании происходит «схлопывание» расщепленной фазы, при этом провод изгибается вокруг зажимов распорок с малым радиусом изгиба. Этот процесс происходит за достаточно малое время (порядка 0,01 с) и носит характер, близкий к ударному воздействию. Поведение компактированных проводов в таких условиях не изучено. Можно предполагать, исходя из особенностей конструкции таких проводов, что их повреждение при КЗ в местах установки распорок более вероятно, чем повреждение проводов из круглых проволок. В случае применения компактированных проводов для расщепленной фазы представляется разумным установка распорок-гасителей на защитные спиральные протекторы, однако вопрос, несомненно, требует изучения и экспериментальной отработки.

Группа компаний «Локус» является партнером АО «Электросетьстройпроект» и готова обеспечить поставку продукции этой компании во все регионы России.

ЛОКУС

ГРУППА КОМПАНИЙ

ООО «МК «Локус»
620062, г. Екатеринбург
ул. Генеральская, 7, оф. 4
тел.: (343) 375-87-87, 375-88-06, 375-88-09
e-mail: locus@locus.ru

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

Литература:
1. CIGRE SC B2 Overhead lines TUTORIAL PRESENTATION ON SPACERS AND SPACER DAMPERS by Umberto Cosmai Convenor WG B2.25.
2. IEC 61854. Overhead lines – Requirements and tests for spacers. IEC 61854:1998.
3. ГОСТ 51177-2017. Арматура линейная. Общие технические условия.
4. СТО 56947007-29.120.10.158-2013 с изм. от 28.04.2018. Распорки дистанционные демпфирующие. Общие технические условия. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС».
5. Иосилевич Г. Б., Шарловский Ю. В. Затяжка и стопорение резьбовых соединений. М.: Машиностроение. 1971.

Мониторинг полимерных изоляторов.

Проблемы диагностики

Михаил Романов, ведущий инженер ООО «МК «Локус»;
Константин Карасюк, научный сотрудник ООО «МК «Локус»

В последние десятилетия полимерные линейные изоляторы получили широкое распространение благодаря своим превосходным электрическим характеристикам в условиях загрязнения. У них высокая гидрофобность, трекингостойкость, эрозионная стойкость. В развитых странах количество полимерных изоляторов в сетях доходит до 50 %. Однако у них есть один большой минус — это отсутствие возможности оперативно найти и идентифицировать изолятор, поврежденный в эксплуатации. После короткого замыкания (КЗ) и отключения всей линии поврежденный изолятор невозможно определить. Видимых повреждений подвесной изолятор обычно не имеет. В настоящее время существуют разнообразные методы контроля состояния полимерных изоляторов, но они мало соответствуют критериям простоты, эффективности и удобства.

Контроль и диагностику состояния высоковольтной подвесной полимерной изоляции во всем мире в основном проводят периодически, путем анализа инфракрасного (ИК) и ультрафиолетового излучения (УФ), полученных с помощью специальных приборов при обходах с земли, либо с помощью летательных аппаратов. Однако это сопряжено со многими трудностями. Такими методами контроля невозможно вести постоянный мониторинг состояния изоляторов, что, в свою очередь, не позволяет оперативно определять место повреждения. Основные деструктивные процессы в изоляторе происходят в неблагоприятное для обследования время: гроза, дождь, роса. После высыхания изолятор может показывать вполне приемлемые результаты в ИК и УФ-диапазоне. Тепловое

излучение деструктивных процессов в изоляторе достаточно сложно установить. Это связано с большим расстоянием от изолятора до прибора, небольшими размерами разогретой поверхности, обычными сильными ветрами на высоте эксплуатации изоляторов, низкой теплопроводностью силиконовой защитной оболочки. В случае же КЗ и отключения линии методы обследования ИК и УФ не могут быть применены в силу отсутствия напряжения в линии и процессов, вызывающих эти излучения.

Камеры, работающие в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах, имеют характерные недостатки при поиске неисправных изоляторов: продолжительность поиска дефектного изолятора, высокая стоимость приборов, длительная запись сигналов, вес, ограниченный диапазон рабочих температур, проведение измерений желательно делать в темное время суток или в пасмурную погоду. Постоянные изменения температуры, влажности, скорости ветра, грозовые и коммутационные перенапряжения в сети вызывают необходимость учета изменений при настройке дефектоскопического оборудования, что влияет на результаты считываемых параметров и несет некоторую вероятность ошибок при обработке.

Специалисты по обследованию оборудования методом УФК должны иметь высокий уровень технической подготовки, должны знать:

- устройство, принцип функционирования и основные виды УФ камер;
- конструкцию обследуемого оборудования и виды возможных дефектов;
- виды и причины появления разрядных процессов;
- техногенные и климатические факторы, влияющие на интенсивность разрядов;
- возможные источники помех;
- технологию и физические основы теплового контроля (ИК);
- технологию и физические основы визуального и измерительного контроля электрооборудования.

Также специалисты должны уметь:

- правильно документировать, интерпретировать и оценивать результаты УФ-контроля;
- оформлять результаты контроля с выдачей заключения.

Актуальность проблемы

Об актуальности проблемы диагностики и мониторинга изоляторов высоковольтных линий электропередач говорится в нормативно-технической документации крупнейшей в России и мире энергетической компании обеспечивающей передачу и распределение электроэнергии ПАО «Россети», а так же ПАО «ФСК ЕЭС», которые эксплуатируют линии электропередач общей протяженностью более 2 млн км. Введены в действие стандарты ПАО «Россети» и ОАО «ФСК ЕЭС» обязывающие оснащать полимерные изоляторы индикаторами перекрытия или высокоточными системами определения места повреждения.

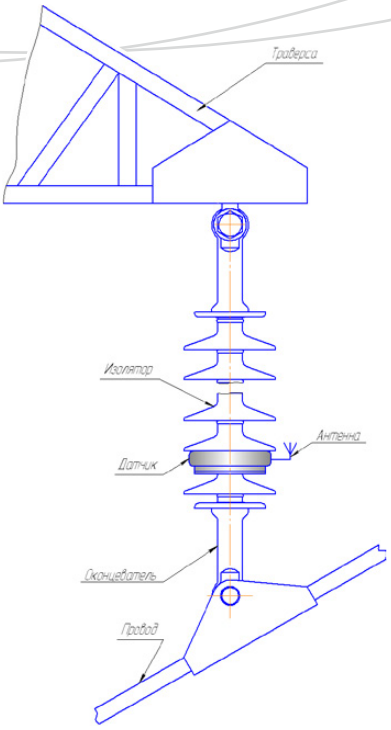


Рис. 1. Расположение датчика на изоляторе

В перспективных документах по инновационному развитию ПАО «Россети» и о единой технической политике в электросетевом комплексе ставится задача — по мере развития технологий диагностики ВЛ применять системы диагностирования технического состояния ВЛ под рабочим напряжением без вывода из работы с применением геоинформационных систем на основе систем спутникового позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), перейти от системы управления производственными активами по планово-предупредительному виду организации ремонта к организации ремонта по фактическому техническому состоянию.

До настоящего времени оборудования и технологии, обеспечивающих мониторинг и диагностику высоковольтных линейных изоляторов под рабочим напряжением, с учетом поставленных требований, не существует. Это ставит под сомнение использование полимерных изоляторов из-за недостаточности применяемых методов диагностики, особенно в режиме реального времени.

Решение проблемы

Решение проблемы диагностики линейных полимерных изоляторов достигается тем, что в комплексе мониторинга и диагностики высоковольтных линий, разрабатываемом нами, содержатся средства для измерения напряженности электрического поля вдоль оси высоковольтного линейного полимерного изолятора, температуры изолятора, температуры и влажности воздуха в районе расположения изолятора, синхронизации времени работы всех входящих в комплекс устройств, определения места расположения опор и передачи этих данных на сервер центра мониторинга и диагностики для анализа. Получен патент на изобретение № 2720638 «Устройство для мониторинга и диагностики высоковольтных линейных полимерных изоляторов».

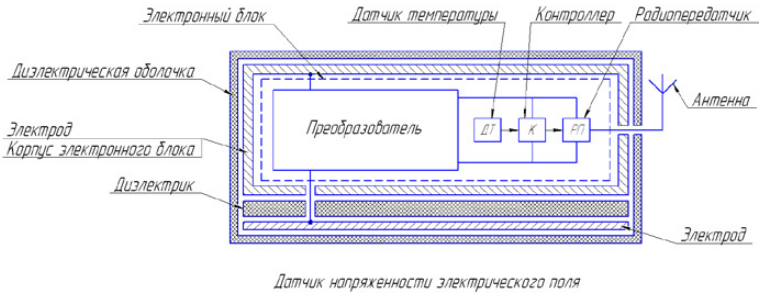


Рис. 2. Датчик напряженности электрического поля

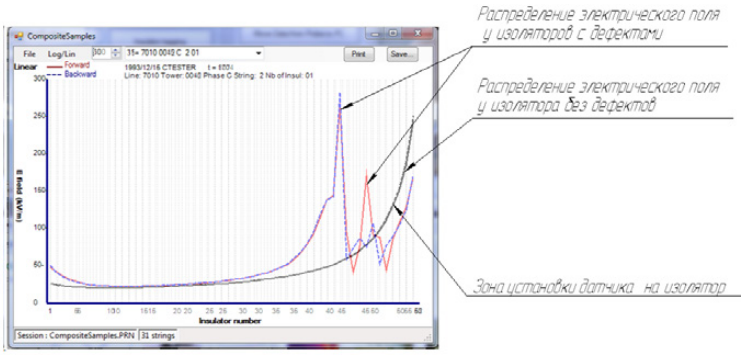


Рис. 3. Графики изменения напряженности электрического поля вдоль оси изоляторов без дефекта и с дефектами

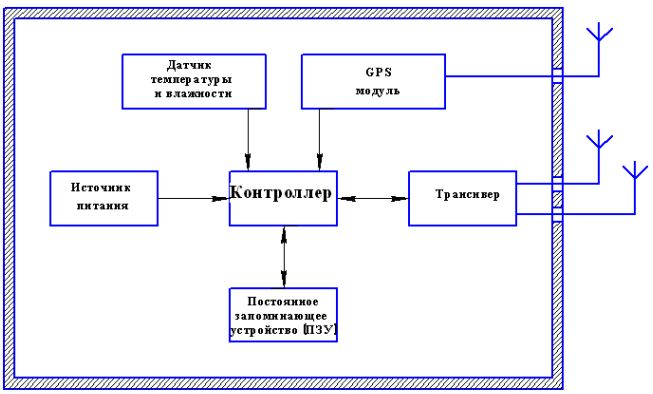


Рис. 4. Базовая станция

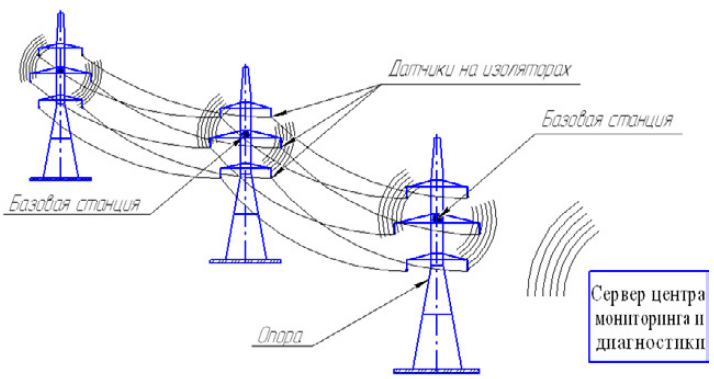


Рис. 5. Схема системы мониторинга и диагностики линейных полимерных изоляторов

Комплекс содержит датчики напряженности электрического поля прикрепляемые ко всем изоляторам над оконцевателем поддерживающем фазный провод (рис. 1). Датчик представляет собой конденсатор отбора мощности, в одной из обкладок которого размещен электронный блок. Электронный блок состоит из накопителя электрической энергии периодического действия, к которому подсоединены контроллер, датчик температуры и радиопередатчик с антенной. Корпус датчика находится в оболочке из силиконовой резины (рис. 2). Место для установки датчика выбрано исходя из того, что наблюдаемое на практике электрическое старение полимерных изоляторов чаще всего берет начало под защитной оболочкой на тройной границе «оконцеватель — стеклопластиковый стержень — воздух» со стороны высокого потенциала и устанавливается на участке, где электрическое поле вдоль оси изолятора резко неоднородно (рис. 3).

В состав комплекса входят базовые станции с элементами крепления к опоре для приема данных от датчиков напряженности электрического поля, каждая из которых содержит металлический корпус, в котором размещены контроллер, соединенный с источником питания, трансивером с передающей и принимающей антеннами, постоянным запоминающим устройством, GPS-модулем с антенной, датчиком температуры и влажности (рис. 4).

Каждая опора линии электропередачи имеет одну базовую станцию, принимающую данные от датчиков напряженности электрического поля, расположенных на изоляторах указанной опоры линии электропередачи. Базовая станция дополняет данные, полученные от датчиков напряженности электрического поля, данными по температуре и влажности в текущий момент времени, координатами места расположения опоры, временном сохранении и через запрограммированные промежутки времени эстафетным способом передает их через базовые станции, расположенные на других опорах, в заданном направлении на сервер центра мониторинга и диагностики для сохранения и анализа (рис. 5).

На основании информации, поступающей с датчиков напряженности электрического поля и базовой станции этой опоры через другие базовые станции на сервер центра мониторинга и диагностики, проводится анализ изменения электрического поля в месте установки датчика с учетом погодных условий. По результатам анализа фиксируются начало и динамика развития дефекта и обеспечивается планирование замены изоляторов на линиях электропередачи до возникновения аварийной ситуации. Заявленное устройство работает в автоматическом режиме, не требуя участия линейного персонала.

Нет необходимости для сравнения иметь данные с эталонного изолятора. Датчик градуировать не нужно. Мониторинг не предполагает регистрации и анализа быстропротекающих процессов и использования высокопроизводительных компьютеров. Способ получения данных о состоянии изоляции прост и информативен.

Предлагаемая система может являться элементом цифровизации электроэнергетики в управлении жизненным циклом электросетевых активов. В отличие от существующей системы визуальных осмотров изоляторов с применением специального оборудования, при периодических обходах линии предлагается создать систему постоянного мониторинга изоляторов, которая уменьшит трудозатраты и расходы на обслуживание линий электропередачи, уберет влияние человеческого фактора на результаты проводимых осмотров, снизит затраты на восстановление работоспособности сетей. Возникает системный эффект от увеличения отпущенной электроэнергии и появляется возможность применения полимерных изоляторов в недоступных местах.

В настоящее время разработаны и изготовлены опытные образцы датчика, прототип базовой станции, которая будет располагаться на опоре, принимать от датчиков информацию по радиоканалу и передавать ее в центр мониторинга, программа для обработки поступающей информации. Изготовлены образцы линейных полимерных изоляторов на 35 кВ с имитацией трека различной протяженности на границе раздела стеклопластиковый стержень-оболочка.

Проведены испытания элементов системы в независимой испытательной лаборатории АО «Ю.М.Э.К» (ПО «ФОРЭНЕРГО») на образцах изоляторов 35 кВ с внедренными дефектами различной длины. Максимальный проводящий дефект 100 мм. Устанавливая датчик на изоляторы на некотором расстоянии от фазного оконцевателя, были проведены высоковольтные испытания. Датчики, находясь под потенциалом, периодически посылали информацию о косвенной оценке величины поля по радиоканалу на прототип базовой станции. По запросу с сервера через Wi-Fi результаты фиксировались и обрабатывались на компьютере.

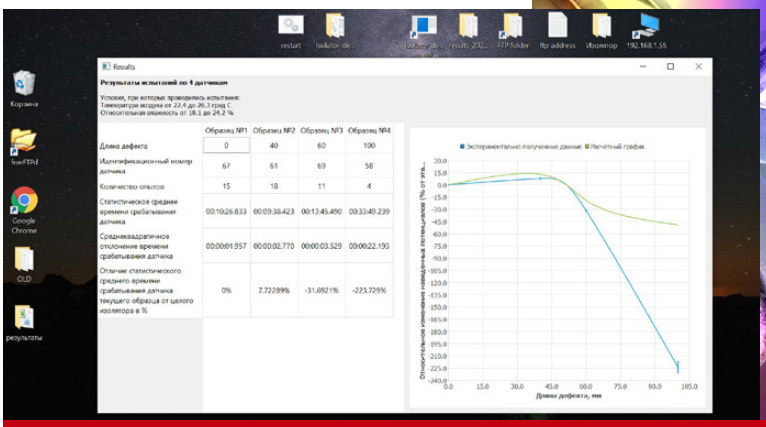
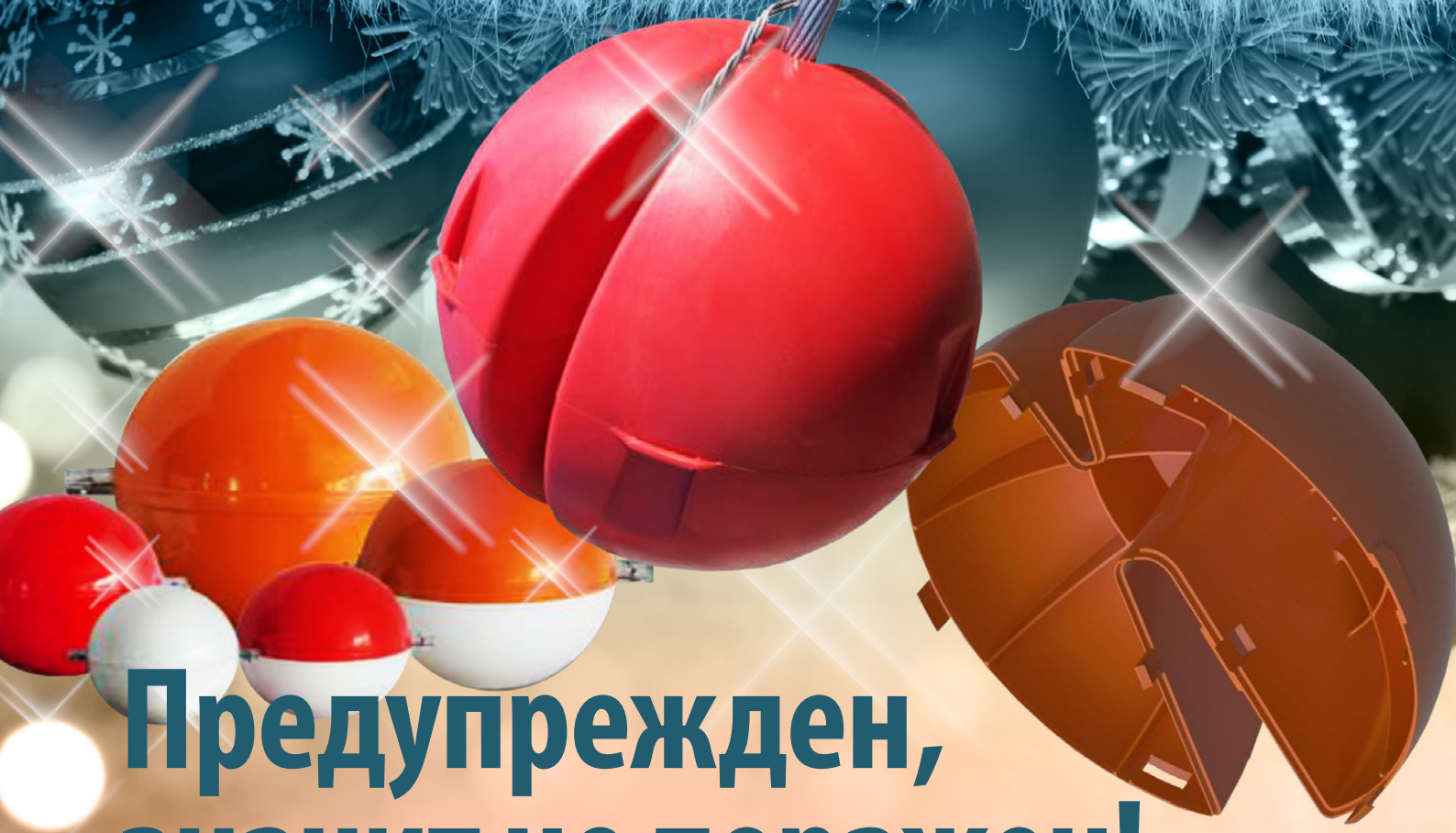


Рис. 6. Фотография монитора сервера при работе программы обработки данных на испытаниях

По результатам испытаний сделаны выводы, что все элементы представленной системы работают в соответствии с заявленными характеристиками. Функция изменений показаний датчиков в зависимости от длины внутреннего дефекта в относительных единицах качественно совпадает с расчетной кривой изменения картины поля вдоль оси изолятора в относительных единицах, что позволяет выявлять изолятор, в котором появился прогрессирующий внутренний дефект (рис. 6). Была проверена стойкость датчика к воздействию импульса с крутым фронтом. Датчик сохранил свою работоспособность. **ЭС**

Литература

1. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.192-2014 «Нормы технологического проектирования воздушных линий» электропередачи напряжением 35–750 кВ». URL: https://www.fsk-ees.ru/about/management_and_control/test/STO_56947007-29.240.55.192-2014.pdf
2. Стандарт организации ПАО «Россети» СТО 34.01-21.1-001-2017 «Распределительные электрические сети напряжением 0,4–110 кВ. Требования к технологическому проектированию». URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293734/4293734156.pdf
3. «Политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Россети». URL: http://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/policy.pdf
4. Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. URL: http://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/innovation__program.pdf
5. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». Редакция 2019 года. URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf
6. F. Schmuck, J. Seifert, I. Gutman, A. Pigini: "Assessment of the condition of overhead line composite insulators", Paris, CIGRE-2012, B2-214.
7. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации СО 153-34.20.501-2003, утвержденных Приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229. URL: http://www.ti-ees.ru/fileadmin/f/activity/laws/pr229_190603.pdf
8. Стандарт организации ПАО «РОССЕТИ» СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и нормы испытаний электрооборудования», утвержден и введен в действие Распоряжением ПАО «Россети» от 29.05.2017 № 280р. URL: https://www.rosseti.ru/investment/standart/corp_standart/doc/34.01-23.1-001-2017.pdf
9. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.111-2011. «Методические указания по оценке технического состояния ВЛ и остаточного ресурса компонентов ВЛ». URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.240.55.111-2011.pdf
10. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.003-2008. «Методические указания по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35–1150 кВ. URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.003-2008.pdf
11. Методы и средства диагностики полимерных изоляторов, применяемые в мировой практике. URL: https://ru.scribd.com/document/176040037/Diagnostic-Methods-for-Outdoor-Polymeric-Insulators
12. СДОС-10-2015 Положение об аттестации персонала в области ультрафиолетового неразрушающего контроля.



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 предотвращения гибели птиц от поражения электрическим током. Это устройств 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.

Сферы предупреждения МПЗУ

Сферы предупреждения птиц типа МПЗУ являются универсальным птицезащитным устройством маркерного типа и предназначены для предупреждения пилотов воздушных судов о наличии ЛЭП, и в то же время являются птицезащитными 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 °С. 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.

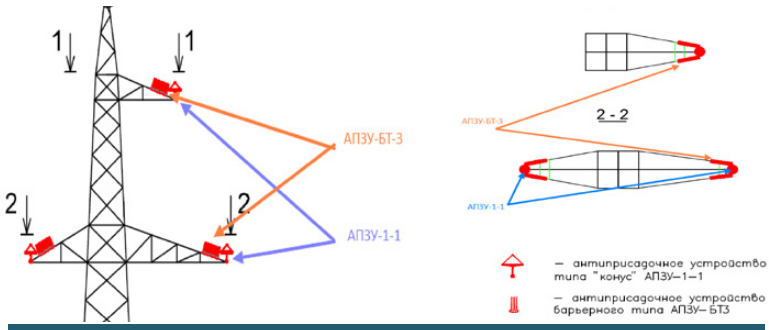
Сигнальные шары-маркеры СШМ

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

Шар-маркер изготовлен из армированного стекловолокном пластика, и покрыт специальным составом, защищающим от ультрафиолета и выцветания. Авиационные маркеры для ЛЭП выпускаются в белом, красном и оранжевом цвете. Заградительные шары располагаются на самом высоком проводе (тросе) 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.



Схематическое расположение АПЗУ

Антиприсадочное защитное устройство АПЗУ-1-1

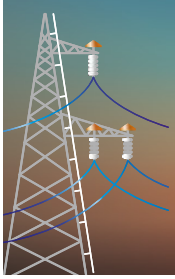
Антиприсадочное птицезащитное устройство барьерного типа АПЗУ-БТ-3

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 птицезащитных устройств при температуре до –30 °С);
- 100 % локализации производства в городе Красноярске.

С нашими птицезащитными 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

Встречный лидер в молниезащите

Алексей Ротанов, директор по развитию ООО «Электра»

Продвигающийся к земле нисходящий ступенчатый лидер молнии инициирует появление и развитие встречных (восходящих) лидеров как непосредственно с наземных объектов, так и с установленных молниеприемников. Соприкосновение одного из них с нисходящим лидером (или касание последнего поверхности земли) определяет место удара молнии в землю или какой-либо объект [1]. Наиболее эффективным способом борьбы с прямым ударом молнии и ее вторичными проявлениями, на настоящее время, является применение систем молниезащиты.

Являясь основным элементом системы молниезащиты, молниеприемник должен создавать оптимальные условия для инициации и развития устойчивого восходящего лидера от молниеприемника ранее, чем от элементов объекта. Момент инициации на вершине молниеприемника восходящего лидера соответствует началу ориентировки молнии к молниеприемнику. Чем больше длина восходящего лидера, тем с большей вероятностью удар молнии будет переориентирован от защищаемого объекта на молниеприемник. Понимание условий формирования и конкурентного развития восходящих лидеров от молниеприемника и элементов объекта, а также учет данного явления при проектировании систем молниезащиты, будет способствовать разработке эффективного и, в то же время экономичного, проекта молниезащиты.

В существующих нормативных документах по молниезащите в России [2, 3] отсутствует как само понятие восходящего лидера, так и указание по выбору необходимого количества и мест расположения молниеприемников. В настоящее время характеристики и процесс развития восходящих лидеров при их конкурирующем развитии не изучены, и в существующих расчетных моделях выбора точки поражения молнией условия конкурирующего развития встречных лидеров во внимание не принимаются [4].

В качестве простого примера рассмотрим зону защиты стержневого молниеприемника, приведенную на рис. 1 (рис. 3.1 документа [3]).

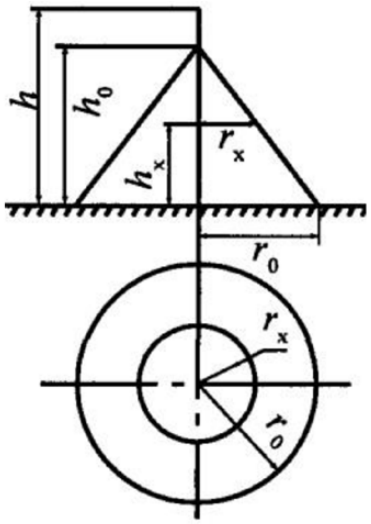


Рис. 1. Зона защиты стержневого молниеприемника согласно [3]

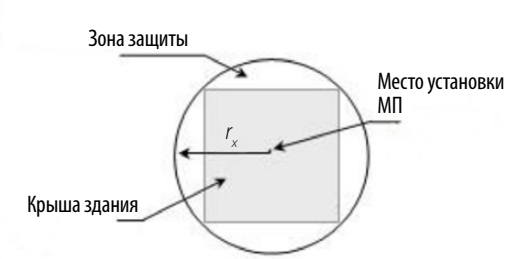


Рис. 2. Объект вписан в зону защиты согласно [3]

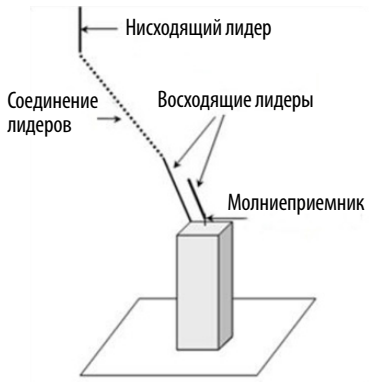


Рис. 3. Удар молнии в угол здания

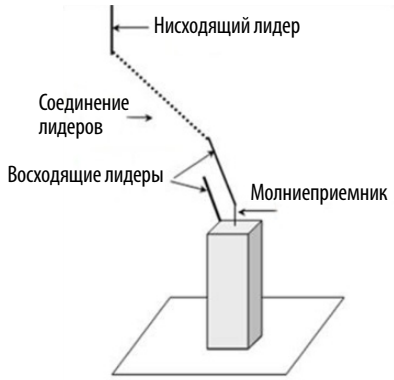


Рис. 4. Удар молнии в молниеприемник

Пусть некий объект (здание) квадратного сечения высотой h_x с диагональю квадрата равной $2*r_x$ полностью вписан в зону защиты установленного на крыше здания молниеприемника, рис. 2. Согласно [3], объект является защищенным от прямого удара молнии.

Фактически же, учитывая возможность инициации восходящего лидера от углов данного объекта, особенно при боковом расположении нисходящего лидера молнии, высока вероятность удара молнии в угол здания (объекта), а не в установленный в центре крыши молниеприемник.

В работах Ait-Amar S. и Berger G. в 2005 [5] и 2006 годах [6] было показано, что выступающие углы и детали объекта, фасады и края крыши представляют собой наиболее уязвимые точки для удара молнии. Кроме того, показана вероятность поражения прямым ударом молнии именно углов объекта, а не молниеприемника в центре крыши (рис. 3 и рис. 4).

Одним из важнейших понятий в физике молниезащиты является понятие «аттрактивного радиуса молниеприемника» — объекта (см. рис. 4а), как максимального расстояния в горизонтальной плоскости до нисходящего ступенчатого лидера молнии от молниеприемника, при котором удар молнии поразит именно молниеприемник (объект), а не поверхность земли, как показано на рис. 4. В российской печати чаще используется аналогичный термин «радиус стягивания» [7, 8].

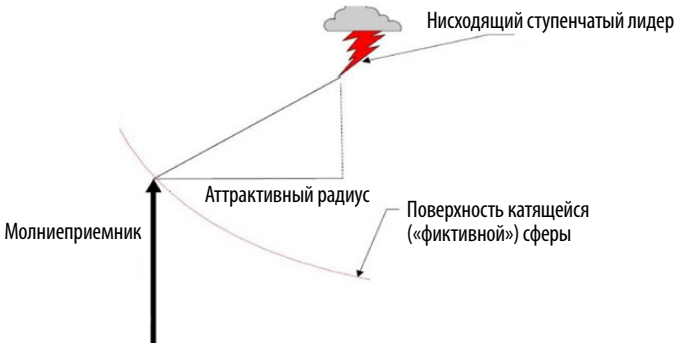


Рис. 4а. Иллюстрация понятия аттрактивного радиуса

В практике современной молниезащиты существуют различные методы проектирования, такие как «угол защиты», «метод сетки» и «метод катящейся сферы» (английское название — «Rolling Sphere Method, RSM», русский вариант названия — «метод фиктивной сферы» [3]). Наиболее прост, нагляден и широко используется метод катящейся сферы (далее — МКС). Воображаемая сфера, радиус R_c которой является функцией от величины тока молнии, прокатывается через элементы объекта, сверху и со всех сторон (в зависимости от требуемой надежности защиты от прямого удара молнии радиус сферы принят равным от 20 до 60 м).

На нижеприведенном рисунке (рис. 5) из статьи Franc B. [9] незакрашенные участки защищены от прямого удара молнии, закрашенные — требуют установки дополнительных устройств (молниеприемников) системы молниезащиты.

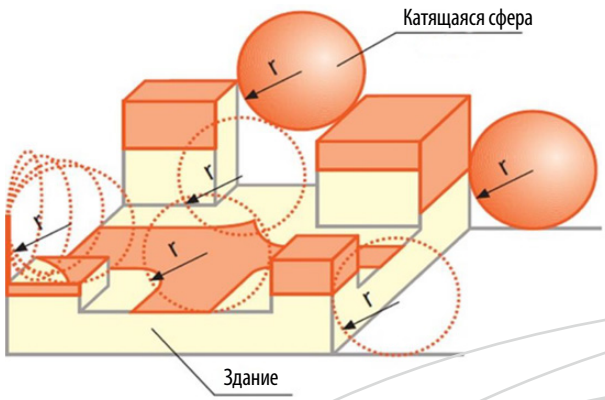


Рис. 5. Применение метода катящейся сферы

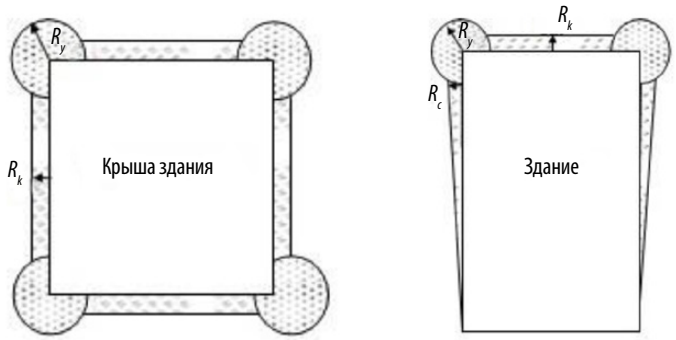


Рис. 6. Аттрактивные радиусы угла здания, верхнего края крыши и стены

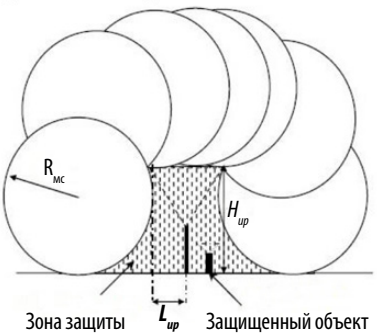
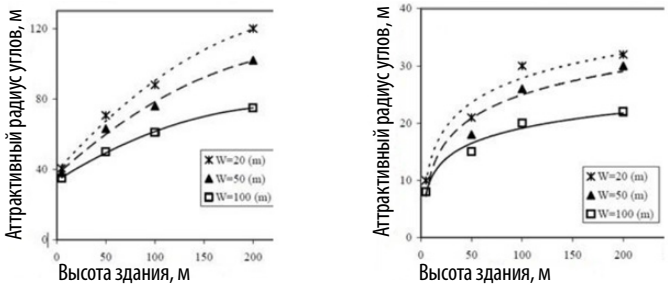


Рис. 7. Иллюстрация модифицированного метода катящейся сферы



Аттрактивный радиус угла здания как функция высоты и горизонтального размера W объекта, I = 10 кА

Аттрактивный радиус верхнего края крыши как функция высоты и горизонтального размера W объекта, I = 10 кА

Рис. 8. Аттрактивные радиусы угла (слева) и верхнего края крыши (справа)

Радиус катящейся (фиктивной) сферы, при этом, определен ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 (IEC 62305-1:2010) [10] и равен:

$R_c = 10 * I^{0,65}$ (1), где

R_c выражается в метрах,

I — в кА.

Основным недостатком МКС является то, что он пренебрегает геометрией защищаемого объекта и не учитывает возникновение восходящих лидеров от структуры (углов, краев крыши, выступающих элементов) объекта и предполагает одинаковую вероятность прямого удара молнии в землю, в защищаемый объект или в систему молниезащиты. Как следствие, использование данного метода применимо лишь на начальных этапах проектирования системы молниезащиты.

Таблица 1. Радиусы катящихся сфер в зависимости от уровня защиты

Уровень защиты	Ток молнии, кА	Радиус катящейся сферы $R_{кс}$, м	Радиус модернизированной катящейся сферы $R_{мс}$, м
I	3	20	8,7
II	5	30	12,3
III	10	45	19,5
IV	16	60	26,6

Полевые наблюдения зданий, пораженных природной молнией в Малайзии и Сингапуре, странах с высокой грозовой активностью, показали, что почти все наблюдаемые удары молнии приходятся на острые элементы конструкции или выступающие углы зданий (более 90 % наблюдаемых случаев). Лишь немногие удары молнии приходились на открытые горизонтальные или наклонные края (менее 5 %) и на вертикальные углы (менее 2 %) [11].

С целью учета влияния восходящего лидера на поражаемость элементов объекта, по аналогии с понятием «аттрактивный радиус молниеприемника», в работе 2006 года [6] Ait-Amar S. и Berger G. вводят понятие «аттрактивного радиуса» и зон для элементов здания, в первую очередь, для углов здания и краев крыши, как показано на рис. 6. При этом аттрактивный радиус определяется, аналогично аттрактивному радиусу молниеприемника, как максимальное расстояние в горизонтальной плоскости до нисходящего ступенчатого лидера молнии от объекта, при котором возможно поражение объекта ударом молнии. На рисунке вид здания сверху (слева) и вид сбоку (справа). Заштрихованы элементы и области здания (объекта), наиболее уязвимые для прямого удара молнии (при отсутствии молниезащиты). R_y — аттрактивный радиус (радиус стягивания) угла здания, $R_к$ — аттрактивный радиус (радиус стягивания) верхнего края крыши, R_c — аттрактивный радиус (радиус стягивания) стены здания.

В 2009 году те же авторы предложили вариант модифицированного метода катящейся сферы, с учетом величины восходящего лидера от молниеприемника [12]. Согласно проведенным расчетам, восходящий от молниеприемника лидер находится в конусной области диаметром L_{up} и высотой H_{up} (см. рис. 7), параметры которой зависят как от высоты молниеприемника, так и от предполагаемого тока молнии.

В этой же работе приведены расчетные формулы величин аттрактивных радиусов углов и верхних краев крыши зданий, результаты вычислений проиллюстрированы на рис. 8.

Радиус традиционной катящейся сферы (см. 1) был определен как сумма вкладов нисходящего и восходящего лидеров. При этом вклад нисходящего лидера определяется исключительно величиной тока молнии. В свою очередь, вклад восходящего от объекта лидера зависит от его (объекта) геометрических размеров (высота и ширина). Для определения радиуса катящейся (фиктивной) сферы используют минимальные значения тока молнии для каждого уровня молниезащиты [10].

Переопределив, согласно [12], радиус модернизированной катящейся сферы как

$R_{мс} = 4,2 * I^{2/3}$ (2), где

$R_{мс}$ выражается в метрах,

I — в кА,

получим указанные в таблице значения*:

* Примечание: радиус модернизированной катящейся сферы, как и традиционной, не зависит от геометрических размеров (высота, длина, ширина) объекта и определяются исключительно током молнии.

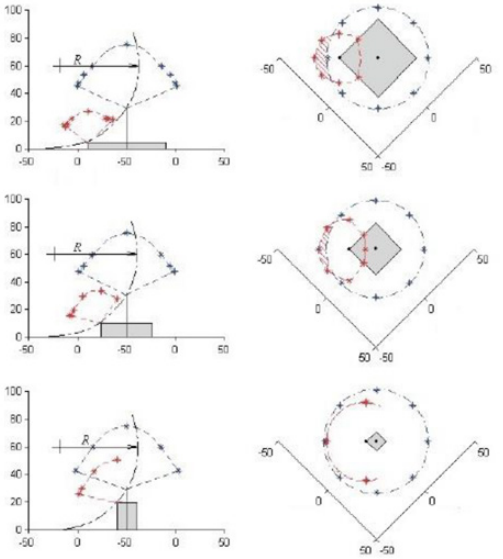


Рис. 9. Аттрактивные зоны молниеприемника и угла здания

Размеры области восходящего лидера объекта определяют его вероятность поражения прямым ударом молнии. Если эта зона расположена внутри зоны защиты молниеприемника, то объект защищен. Принцип модифицированного метода катящейся сферы можно распространить на защиту надземных сооружений, где существует несколько уязвимых участков, расположенных на различных высотах.

Практически одновременно с Ait-Amar S. и Berger G., в 2008 году, Becerra M. [11] предложил свой вариант расчета аттрактивных зон угла здания и молниеприемника. В качестве примера рассмотрено квадратное сооружение высотой А) 5 м, Б) 10 м и В) 20 м. Во всех случаях вершина установленного в центре крыши молниеприемника расположена на высоте 30 м над землей. Из-за симметрии геометрии отдельно стоящего здания (отсутствует влияние находящихся поблизости объектов) расчет был произведен только для одного угла (см. рис. 9). Расчетный уровень защиты принят IV, следовательно, здание (включая его углы), во всех трех случаях, находится внутри зоны защиты, определенной катящейся сферой радиусом 60 м. Левая часть рисунка — фронтальная проекция (вид сбоку), правая часть — горизонтальная проекция (вид сверху).

Наглядно показано, что лишь для нижней иллюстрации аттрактивные зоны углов полностью покрыты аттрактивной зоной молниеприемника. В других случаях углы здания могут подвергаться прямым ударам молнии, даже если они «защищены» по традиционному методу катящейся сферы.

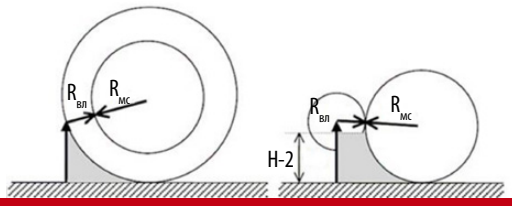


Рис. 10. Модификация катящейся сферы

Дальнейшее развитие учета восходящих лидеров от молниеприемника и элементов здания при решении вопросов молниезащиты было отражено в работе 2010 года Fauveaux S. [13]. В данной работе автор аппроксимировал конусную область восходящего лидера [12] «контр-сферой», радиус $R_{вл}$ которой определяется согласно приведенным в [12] расчетам, как показано на рис. 10.

По аналогии с классическим МКС, модифицированная сфера прокатывается по поверхности земли, элементам защищаемого объекта и поверхности «контр-сферы». Как видно, зона защиты молниеприемника существенно увеличена в непосредственной близости от его вершины, в отличие от традиционного метода катящейся сферы. Учет, при проектировании, данного факта позволит существенно снизить высоту отдельно стоящих молниеприемников, тем самым сократив расходы на систему молниезащиты.

Применение метода модернизированной катящейся сферы показано на рис. 11, где наглядно видно, что установка нескольких низких молниеприемников на углах здания, вместо расположения одного высокого молниеприемника в центре крыши или вблизи здания, существенно увеличит надежность системы молниезащиты.

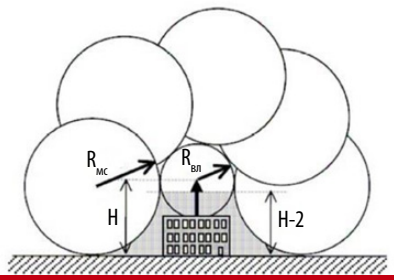


Рис. 11. Применение метода модифицированной катящейся сферы

Существующие методы проектирования систем молниезащиты по методам защитного угла и методу катящейся сферы, представляют собой достаточно простой и удобный инструмент для проектирования данных систем. Разработка надежных, эффективных и недорогих систем молниезащиты требует детального рассмотрения механизма инициирования и распространения восходящих лидеров. Необходимо проведение дополнительных полевых и расчетных экспериментов для понимания данного процесса и создания соответствующей физико-математической модели.

Введение в теорию физики молнии и молниезащиты понятий восходящего лидера и аттрактивного радиуса элементов структуры объекта показывают необходимость пересмотра существующих в России нормативов и способов расчета зон защиты молниеприемников, а также применяемого с этой целью программного обеспечения. **ЭС**

Литература:
1. Базелян Э., Райзер Ю. Физика молнии и молниезащиты // М.: Физматлит, 2001. 320 с.
2. РД 34.21.122 — 87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
3. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
4. Базелян Э. Механизм ориентировки и параметры молнии в молниезащите // Физика плазмы, т. 45. № 3. 2019. С. 274–286.
5. Ait-Amar S. et al «Lightning interception on elevated building». Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on Power Systems and Electromagnetic Compatibility. Corfu. Greece. 2005. P. 17–23.
6. Ait-Amar S. et al «Attractive Radius of Elevated Building». ICLP 2006. IV–14. P. 602–607.
7. Базелян Э., Райзер Ю. Физика молнии и молниезащиты // М.: Физматлит, 2001. 320 с.
8. Базелян Э. Нормирование молниезащиты в России. Основные проблемы и пути совершенствования // Доклады III Российской конференции по молниезащите. СПб. 2012. С. 372–383.
9. Franc B. et al «Application of Lightning Location System Data for Designing the External Lightning Protection System» International Colloquium on Lightning and Power systems. 2014.
10. ГОСТ Р МЭК 62305-1 — 2010. Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы.
11. Becerra M. On the attachment of lightning flashes to grounded structures. Digital comprehensive summaries of UPPSALA dissertations from the faculty of science and technology. 2008. 85 p.
12. Ait-Amar S. et al «A Modified Version of the Rolling Sphere Method», IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. v. 16. №. 3. 2009. P. 718–725.
13. Fauveaux S. et al «Improved Approach in Lightning Rod Positioning». International symposium on electromagnetic fields in electrical engineering. 2010. P. 565–576.

Нестандартный взгляд на привычное

Грозотрос ОКГТ

Фото: Евгений Ланкин
Постановка и дизайн: Олеся Акулова
Визажист: Юлия Бобина
Модель: Анастасия Белан

ЛОКУС

ЛОКУС
ГРУППА КОМПАНИЙ

ООО «МК «Локус»
620062, г. Екатеринбург, ул. Генеральская, 7, оф. 4
тел.: (343) 375-87-87, 375-88-06, 375-88-09
e-mail: locus@locus.ru

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

Непризнанные источники энергии

Полина Рожкова

С конца XIX века и до сегодняшнего дня и в России, и в мире ученые стремились найти новые способы получения энергии. Более экологичные, более дешевые. Разрабатывались генераторы, которые смог бы повторить каждый, из простых материалов, с использованием безопасных технологий. Многие исследования давали очень интересные дополнительные результаты, которые получали признание и находили применение даже раньше, чем основные объекты изучения. Но сами бестопливные генераторы оказались не нужны, ведь они могли разрушить существующую на рынке добычи энергии монополию «топливных гигантов».

Генератор Хендершота

Одним из первых предложил отказаться от топливных двигателей и извлекать энергию, используя возможности окружающей среды, американский изобретатель из Пенсильвании Лестер Хендершот. Первые упоминания о его генераторе встречаются в конце 20-х годов прошлого века. Предлагалось использовать энергию магнитного поля Земли. Другими словами, генератор должен преобразовывать энергию из одной формы в другую. Идея была понятной и красивой, а в случае успешной реализации могла стать настоящим прорывом в области энергетики.

Устройство его было простым: 2 катушки с металлическим стержнем, в которых располагались конденсаторы; 2 трансформатора и магнит. Работа генератора зависела от тщательной настройки катушек, при которой они должны были постоянно находиться в резонансе с соблюдением направления с северного на южный полюс. При этом магнитное поле приходило во вращательное движение, создавая тем самым электродвижущую силу. Интересно и то, что физическое тепло при работе двигателя не выделялось, так как использовались «холодные» волны магнитной индукции. Значительным недостатком такого двигателя стало очень небольшое количество вырабатываемой энергии. Сам Хендершот, например, использовал его для игрушечного самолетика своего сына, но на долгий полет энергии не хватало, и игрушка падала. Вероятно, у ученого было несколько разных моделей своего двигателя, так как та, которую он демонстрировал на публике, могла напитать энергией лампочку мощностью в 100 Вт. Среди достоинств не только простота конструкции, экологичность и независимость от органического топлива, но также отсутствие перебоев в напряжении, бесшумность, длительная эксплуатация без обслуживания и ремонта. Однако все эти достоинства перевешиваются одним существенным недостатком — отсутствием точной информации о конструкции генератора. Принципиальная схема по-прежнему неизвестна, что затрудняет возможность точного повторения аппарата.

Рис. 1. Лестер Хендершот

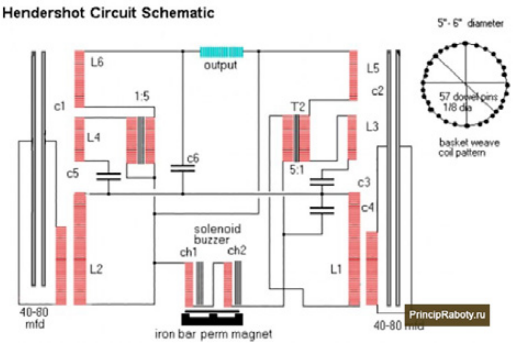


Рис. 2. Генеретор Хендершота

Рис. 3. Джон Сёрл

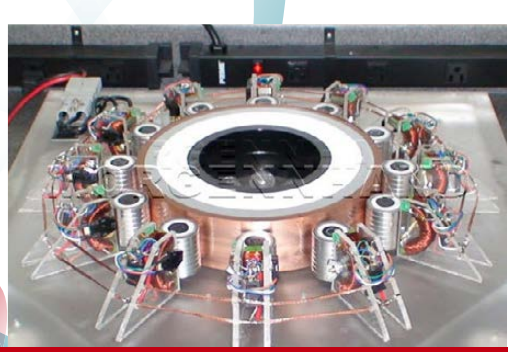


Рис. 4. Генератор Сёрла

«Вечный» магнитный двигатель

А теперь перенесемся в 1946 год, когда в Великобритании Джон Сёрл сделал одно из фундаментальных открытий в области магнетизма. Его эксперименты показали, что при определенном расположении магнитов-роликов вокруг внешней стороны кольцевого магнита и нужном их количестве, магниты-ролики приходят в движение самостоятельно, развивая позднее еще большую скорость. Так они достигают динамического равновесия. Центробежная сила магнитов позволяет избежать механического и гальванического контакта между кольцевым магнитом и магнитами-роликами. После небольшой доработки Сёрл получил генератор тока мощностью примерно 500 Вт. Кроме того, устройство обладало еще одним свойством. В динамическом равновесии, при достижении определенной разности потенциалов и максимальной скорости роликов, устройство поднималось вверх, то есть создавало собственное гравитационное поле. Так и был открыт «эффект Сёрла», суть которого в том, что магнитные поля заставляют магнитные ролики непрерывно вращаться вокруг магнитных колец, генерируя электроэнергию. Получалось, что Сёрл чуть ли не изобрел вечный, да еще и экологически чистый, двигатель — SEG (Searl Effect Generator).

Слухи о нем распространялись очень быстро. Скоро изобретением и его создателем заинтересовались представители BBC. Сняли документальный фильм, который позже был показан по телевидению (кстати, сегодня фильм невероятно сложно найти, в архивах его нет). Результат от трансляции оказался совершенно неожиданным: Джона Сёрла обвинили в уклонении от платы за электроэнергию, так как его лаборатория была подключена к изобретенным им генераторам. И пока ученый был под арестом, в лаборатории происходит пожар, огромное количество документов, чертежей и оборудования украдено. Однако Сёрл, вернувшись, не опустил руки и продолжил исследования.

Заинтересовались работой британского изобретателя и российские ученые. Был создан отечественный вариант генератора — установка Сергея Година и Владимира Рощина. Она давала до 7 кВт электроэнергии без внешнего источника питания. Ученые смогли воссоздать генератор Сёрла, однако не вели исследования «эффекта левитации», хотя отмечали, что этот аспект практически не изучен и представляет самый большой интерес. Но и это исследование не получило должного развития, в 1993 году лаборатория была закрыта по непонятным причинам. Позже, в 1999 году на установку был получен патент, но он действовал только до 2004 года. Снова идея магнитного генератора оказалась слишком смелой. Или просто невыгодной?

Двигатель с эффектом памяти

Поиски источника энергии, который не требовал бы огромного количества ресурсов, как природных, так и человеческих, шел и в Советском Союзе. В 1948 году, Георгий Вячеславович Курдюмов и Лев Григорьевич Хандрос открыли сплав, который мог восстанавливать первоначальную форму после значительных деформаций и нагревания до определенной температуры. Эффект Курдюмова, или эффект памяти металла, давал широкие возможности применения сплавов им обладающих. Самым известным таким сплавом является нитинол. Это соединение титана и никеля, который иногда называют «металлическими мышцами» именно за «эффект памяти». К сожалению в советское время изобретение не нашло отклика, однако в 1962 году уникальные свойства металла были открыты уже военно-морской академией США. Но первенство отечественной науки было отражено в названии явления — «эффект Курдюмова». В ходе дальнейших исследований нитинол был использован для разработки принципиально новой конструкции двигателя. Первым из них стал созданный в 1973 году тепловой двигатель Р. Бэнкса. Как рассказывал позже сам Бэнкс, ему хотелось сделать механизм, который использует «низкосортную энергию» и «странные механические связи» для создания линейного или вращательного движения. А толчок к созданию собственной формы двигателя он получил, когда разобрал кухонный регулятор температуры! Не яблоко, конечно, но тоже может помочь прогрессу.

Конструкция двигателя простая: он состоит из нитиноловой пружины, которая при тепловом воздействии выпрямляется, двух шкивов и ведра с холодной водой. При попадании в воду пружина подвергается аустенитно-мартенситному превращению. За счет провоцируемых изменением среды сокращений приводятся в движение шкивы. Двигатель, изобретенный Бэнксом, при всех своих достоинствах, не мог вырабатывать большое количество энергии, а КПД составлял всего 5–6 %. Но в перспективе он может стать одним из самых незатратных и экологичных вариантов добычи энергии, так как в качестве «холодной» или «теплой» среды можно использовать разницу температур мирового океана.

Пока потенциал нитинолового двигателя полностью не раскрыт, правда есть и довольно успешные попытки включения данной технологии в процесс производства электроэнергии. В Калифорнии, например, уже не первое десятилетие работает электростанция на пяти нитиноловых модулях, которые стабильно производят 5 МВт электроэнергии.

Дешевая ядерная энергия

Если до этого мы говорили о генераторах, изобретенных в первой половине XX века, то сейчас перенесемся в его конец, в век ядерной энергетики. А именно в 23 марта 1989 года, когда было объявлено об открытии члена Королевского общества Великобритании* и экс-президента Международного общества электрохимиков Мартина Флейшмана и его соавтора, главой химического факультета Университета Юты, Стэнли Понса. Они утверждали, что смогли добиться слияния атомов дейтерия при обычных температурах и давлениях. А также представили свой «реактор холодного синтеза», состоявший из калориметра с водным раствором соли (использовалась тяжелая вода), через который пропускал ток. Катод был изготовлен из палладия, а в соль входили литий и

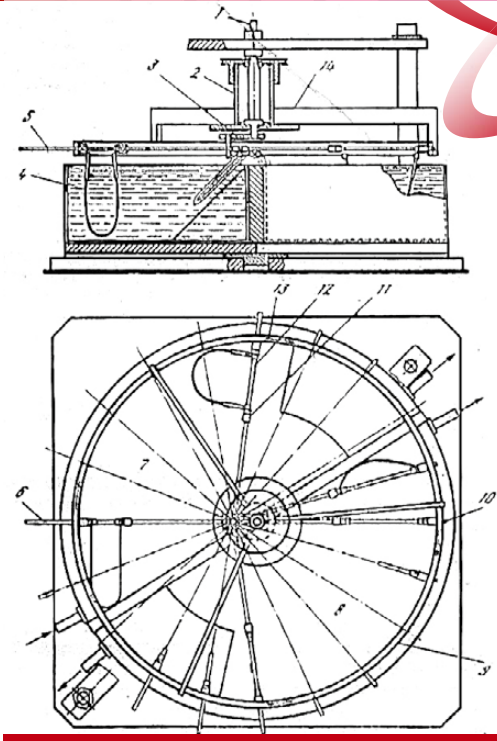


Рис. 5. Нитиноловый двигатель Бэнкса
1. неподвижный вал, 2. вращающийся вал, 3. неподвижный кривошип, 4. нитиноловая проволочная петля, 5. движущий стержень, 6. начало рабочего хода, 7. горячая сторона, 8. холодная сторона, 9. движущееся колесо, 10. конец рабочего хода, 11. стопор движущего стержня, 12. направление силы от действия проволочной петли из нитинола, 13. компонента силы, вызывающая вращение, 14. ступица движущегося колеса

Рис. 6. Г. В. Курдюмов и Л. Г. Хандрос

*Королевское общество (Royal Society) — ведущее научное общество Великобритании, созданное в 1660 году и утвержденное королевской хартией в 1662 году.

дейтерий. Флейшман и Понс доказывали, что температура электролита периодически поднималась, причем сильно, хотя источник питания давал стабильную мощность. Объяснение ученые видели в поступлении внутриядерной энергии, которое возникало при слиянии ядер дейтерия.

Президент Университета Юты, Чейз Петерсон был горд открытием своих ученых и даже сравнил его с овладением огнем и открытием электричества. Но восторг Петерсона не разделяли физики-ядерщики и специалисты по физике плазмы. Теория Флейшмана и Понса должна была легко подтвердиться при помощи несложных измерений стандартной радиометрической аппаратурой. Это и было сделано, однако сотрудники британского ядерного центра в Харуэлле, как и физики из Университета Юты, не смогли найти в реакторе гамма-лучей соответствующей энергии. Такой же результат, точнее его отсутствие, показали и исследования Массачусетского технологического института. В итоге «великое открытие» уже в мае 1989 года было полностью разгромлено на конференции Американского физического общества.

Рис. 7. Мартин Флейшман и Стэнли Понс

Академические карьеры Флейшмана и Понса были разрушены, но идеи, как это обычно происходит, остались живы. И снова о холодном синтезе вспомнили в начале XXI века, сначала в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, а затем и в Университете Болоньи. Именно в Италии, Серджио Фокарди и Андреа Росси создали аппарат, в котором происходит реакция нанопорошка никеля и изотопа водорода. Часть молекул водорода разделяется на атомарный водород, который и вступает в реакцию с никелем. Именно эта реакция рождает изотоп меди и большое количество энергии. Справедливости ради, сами ученые отмечали ряд недостатков изобретения.

И это открытие ждало разоблачение. Сначала журналисты выяснили, что Серджио Фокарди и Андреа Росси были учеными скорее формально, чем реально. Росси и вовсе был сотрудником корпорации Leonardo Corp., привлекался за неуплату налогов и даже занимался контрабандой серебра. После этого стало известно, что журнал Journal of Nuclear Physics не является полноценным научным изданием, и, наконец, появилась информация о том, что идея проекта принадлежала другому человеку — Франческо Пьянелли. Все это не могло вторично не разочаровать научное сообщество в идее холодного синтеза, что не помешало Росси продолжать свои исследования.

Рис. 8. Реактор Флейшмана и Понса

Идея, витающая в воздухе, не давала покоя и российским ученым и в 2012 году на сайте E-Cat World была опубликована статья Александра Георгиевича Пархомова «Исследование аналога высокотемпературного теплогенератора Росси». А в 2015 году ученому удается создать длительно работающий реактор с замером давления. Установка, созданная Пархомовым, выработала в 2,5 раза больше энергии, чем потребила, то есть опыт можно считать успешным. Впрочем, процесс по усовершенствованию идет до сих пор, слишком много всего нужно учитывать при работе с ядерной энергией.

Перспективы внедрения подобной технологии все еще есть. Сам Александр Георгиевич в 2017 году, в интервью команде «Синтезтех» отметил, что о коммерческих перспективах говорить пока рано. В первую очередь потому, что путь к широкому применению холодных ядерных трансмутаций очень непрост. Предстоит огромная работа по выяснению степени безопасности таких реакторов.

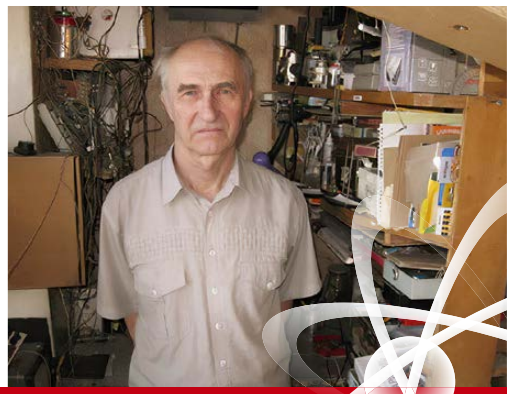


Рис. 9. А. Г. Пархомов

Непризнанные сегодня открытия, возможно, вскоре станут передовыми направлениями в науке. Но, по словам Александра Георгиевича Пархомова, «переход на новую энергетику не должен быть поспешным, так как отказ от углеводородной и атомной энергетики вызовет множество экономических, социальных и политических проблем». Давайте просто подождем, когда общество и наука смогут принять новые реалии и адаптироваться к ним. **ЭС**

Шах и мат высокого напряжения

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

В XX веке фамилии чемпионов мира по шахматам знали абсолютно все жители СССР — Карпов, Каспаров, Таль, Ботвинник. Учить детей шахматной игре было признаком хорошего тона. В символ интеллектуального превосходства обычную игру превратил энергетик Михаил Ботвинник, 13 лет он оставался шахматным королем мира. Его сражения за титул чемпиона были больше, чем спорт. Это была политическая демонстрация преимуществ жизни в СССР. Сражаться Михаилу Ботвиннику приходилось не только за шахматную корону, но и за место в мире энергетики. Как и в спорте, там он добился победы.

Родился Михаил Ботвинник в окрестностях Петербурга в 1911 году, в небогатой еврейской семье. В 12 лет научился играть в шахматы и уже через два года, 14-летний подросток во время сеанса одновременной игры победил действующего чемпиона мира Рауля Капабланку. Но сам шахматист, хоть и был увлечен игрой, решил выбрать другую профессию.

Как шахматист стал энергетиком

В своих воспоминаниях Ботвинник писал: «После окончания школы вопрос учиться или играть в шахматы передо мной не возникал. Я хотел учиться, хотя шахматы были для меня не менее существенны, чем учение. Интуитивно я понимал, что учение полезно и для игры в шахматы; с другой стороны, я считал себя обязанным заниматься и другим трудом — как все, выделяться нечего... Быть может, этот метод сочетания шахмат с другой профессией не так уж плох?»

Сын дантистов решил поступить в Ленинградский политехнический институт. В стране началось время индустриализации. Молодому человеку хотелось быть частью нового будущего. Но это оказалось не так-то просто: 95 % всех мест в вузе предоставлялось рабфаковцам, пять — тем, кто сдавал экзамены. В институт Ботвинника не приняли. Профессора тогда не имели права голоса, всем распоряжался Пролетстуд. Из числа школьников, успешно выдержавших испытания, принимали только детей специалистов (инженеров) и рабочих. Он был сыном «лица физического труда» (тогда была такая категория — к ней относились дворники, зубные техники и др.). С огромным трудом, благодаря заступничеству шахматистов, Ботвинника зачислили на математический факультет университета и то только потому, что был недобор, рабфаковцы шли туда неохотно. Все хотели работать на индустриализацию! Ботвинник победил в студенческих соревнованиях по шахматам. Иван Пушкин, руководитель ленинградской команды, был заместителем председателя Ленинградского пролетстуда. После побед он похлопал Ботвинника по плечу: «Знаю, знаю, к нам хочешь... Переведем!» Шахматы решили его судьбу. Ботвинник стал электротехником. После окончания института по распределению он попал в лабораторию высокого напряжения им. А. А. Смурова.

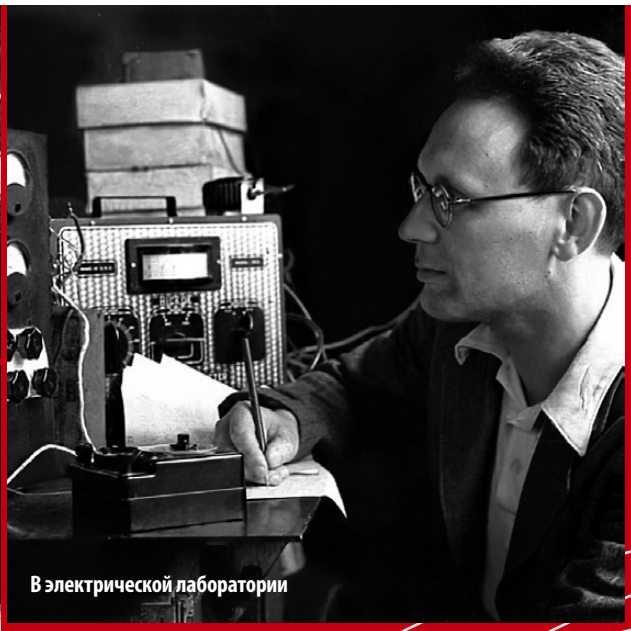
Михаил Ботвинник — один из самых известных людей в СССР — для коллег-электротехников оставался рядовым работником. Он вспоминал: «Работая в лаборатории высокого напряжения им. Смурова, я особых способностей не проявлял. Считали меня и комсомольцем не очень активным. Каково же было удивление моих товарищей, когда в «Комсомольской правде» было опубликовано, что в числе 20 молодых представителей науки, искусства, культуры и спорта я приглашен на юбилейный пленум ЦК ВЛКСМ, посвященный 15-летию комсомола! Секретарь партбюро лаборатории Коля Тарасов (впоследствии Н. Я. Тарасов был заместителем министра энергетики), сообщая эту новость, пристально в меня вглядывался — чего он ранее во мне не заметил?»

Не понимали его побед и научные руководители. Начальник аспирантов электромеханического факультета профессор Вацлав Толвинский в конце семестра подвел итоги аспирантских работ. «Все было благополучно, все аспиранты успешно выполнили свои планы, кроме двоих: один был болен, а другой был отозван для... общественной забавы!» Ботвинник написал тогда: «Пришлось проглотить горькую пилюлю».

У многих коллег, занимавшихся расчетами в лаборатории, шахматные достижения Ботвинника вызывали чувство острой зависти. После очередной победы в шахматном турнире нарком тяжелой промышленности Григорий Орджоникидзе принял личное участие в судьбе Ботвинника: наградил его автомобилем и установил повышенную аспирантскую стипендию в 500 рублей (вместо 300) в месяц. Именно тогда в научных кругах появились те, кто будет стараться не давать ход научным работам шахматиста-электротехника, и попытается провалить защиту его докторской диссертации.

Коллеги-шахматисты сравнивали Ботвинника с бульдозером, сокрушающим все на своем пути. Характер помог Михаилу Моисеевичу выиграть испытание славой. Он не оставил электротехнику. После награждения орденом за победу в Ноттингемском турнире, Ботвинник взялся за кандидатскую диссертацию. Он решил исследовать устойчивость синхронной машины при регулировании напряжения возбуждения по фазовому углу цепи статора. За свою научную работу в области электротехники Ботвинник волновался больше, чем за шахматы. У него даже началась на нервной почве крапивница, но все прошло благополучно. Решение проблемы получилось изящным как шахматная партия. Через год диссертация была защищена. Работа была одной из первых, посвященных так называемому «сильному» регулированию возбуждения, когда инерционный магнитный поток машины не поддерживается постоянным, а целесообразно меняется.

Семейная прогулка на подаренном Серго Орджоникидзе автомобиле



В электрической лаборатории

Михаил Ботвинник на шахматном турнире

Война. Эвакуация в Пермь

Наступило время, когда инженеру Михаилу Ботвиннику пришлось забыть и про шахматы, и про науку. Началась война. Немцы подступали Ленинграду, и нужно было решать, что делать дальше. Жену шахматиста-электротехника, балерину Гаяне Ананову, вместе с Театром оперы и балета им. Кирова эвакуировали в Пермь. Секретарь Выборгского райкома партии Кедров решил судьбу советских шахмат: «Товарищ Ботвинник, вы еще пригодитесь советскому народу как шахматист. Уезжайте». Перед отъездом Ботвинник сдал свою машину, полученную от Орджоникидзе, в армию. Вместе с матерью и братом они приняли решение сдать оставленное отцом наследство (около 1 кг золота) в Фонд обороны.

В Пермь отправились 19 августа 1941 года. 8 сентября началась блокада Ленинграда, во время которой погиб брат, многие друзья и коллеги Михаила. В Перми работу удалось получить после отказа заниматься наукой: «Ищу работу. Еду на Мотовилихинский металлургический завод. Принимает меня директор А. И. Быховский. Директор готов меня принять на работу, но я сам отказываюсь. К сожалению, до завода далеко, лишь однопутный трамвайчик идет к этому предприятию; как я буду добираться зимой? Поблизости нахожу северо-западный район электросетей Уралэнерго. Степень кандидата наук пугает директора. «Если никакой наукой заниматься не будете, возьмем инженером на самую низкую ставку». Соглашаюсь, и становлюсь сотрудником высоковольтной лаборатории! Постепенно сдружился я с пермяками. Стал начальником лаборатории, потом начальником службы изоляции (высоковольтной)».

Как выглядели будни шахматиста-энергетика в Перми? Он вспоминал: «Несмотря на запрещение, однажды все же пришлось заниматься научной работой. Вызывает главный инженер А. М. Левкевич:

— Снег — изолятор или проводник?

— Думаю, что изолятор, надо проверить.

Взял слой снега и подал напряжение. Сначала ток был равен нулю. Затем от короны (искрения) началось местное разогревание, снег стал таять, проводящий канал удлинялся — и пробой. Иду в управление. «Алексей Матвеевич, по истечении некоторого времени пробой наиболее вероятен». Главный инженер смеется: оказывается, на севере области ураган повалил опоры электропередачи. Провода лежали на снегу, и целые сутки это оставалось незамеченным. Авария была зафиксирована, когда ветер стих».

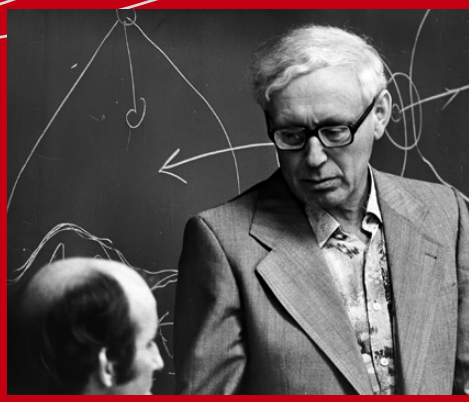
Трудное было время. Отоваривали карточки — в семье Ботвинников было трое работающих. В основном спасал хлеб, часть меняли на рынке на картошку. Когда подросла дочка Оля, положение стало хуже. Пришлось продать пишущую машинку «Ундервуд». Ботвиннику она была дорога тем, что он отпечатал на ней свою диссертацию по электромеханике. Многие годы в семье жила история, как маленькая Оля «съела» машинку.

Зимой 1942 года Ботвинник с удивлением узнал, что в соседнем Свердловске проводится шахматный турнир мастеров под руководством Рохлина. Зрителей оказалось мало, а вот билеты были все проданы. Оказалось, люди хотели попасть не на турнир, а в буфет. Там продавали булки. Почти случайная встреча с коллегами по шахматам заставила Ботвинника задуматься о будущем.

Как началась война, шахматная жизнь почти замерла. И все же были проведены чемпионат Москвы, турнир в Куйбышеве, турнир в Свердловске. Играть Ботвиннику было некогда, но он решил смотреть вперед, занялся аналитической работой, нацелившись на завоевание титула чемпиона мира. Он объяснял это так: «Во время войны с нацистской Германией задачей советских шахматистов являлось не только сохранение того, что было создано в предвоенное время — массовое развитие шахмат и высокий уровень игры лучших мастеров, — но и подготовка к тому, чтобы после войны добиться завоевания первенства мира». И Ботвинник обратился к Министру иностранных дел Вячеславу Молотову с просьбой о поддержке его инициативы. Для подготовки к будущему чемпионату шахматисту нужны были определенные условия. Правительство решило поддержать Ботвинника. Для начала ему разрешили использовать три дня в неделю для шахматной подготовки. Остальные четыре были по-прежнему заняты инженерной работой.

На Урале Ботвинник смог восстановить свою форму. Это показал первый серьезный турнир восьми мастеров, прошедший в Свердловске. Соперники — Смыслов, Болеславский, Рагозин и др. — были сильными шахматистами. Против каждого участника Михаил Ботвинник набрал 1 1/2 очка и легко завоевал первый приз, хотя два года не играл в шахматы. В 1943 году его пригласили приехать в Москву.

С женой Гаянэ Анановой и дочерью Ольгой, 1944 год



Электротехника как средство от депрессии

В 37 лет Михаил Ботвинник достиг цели жизни — стал чемпионом мира по шахматам, с небольшими перерывами он удерживал его в течение 13 лет. Но после долгожданной победы пришло опустошение. Что дальше? И здесь на помощь пришла профессия электротехника.

Шахматная буря (матч-турнир на первенство мира 1948 года) пронеслась, и надо было возвращаться к спокойной жизни. Формально он по-прежнему работал в техническом отделе Министерства электростанций, но его обязанности как инженера отдела были минимальными; основная работа — в ЦНИЭЛ (лаборатории министерства). Здесь Ботвинник руководил небольшой группой сотрудников. Они работали над системой управления, которая по определенному закону должна была воздействовать на возбуждение синхронного генератора. При этом изменялись качества генератора: он мог устойчиво работать при передаче энергии на дальнее расстояние при фазовом угле (угле между электродвижущей силой цепи статора генератора и напряжением сети), превышающем 90 электрических градусов. Обычный синхронный генератор в этом режиме неустойчив.

Система управления (регулятор и силовой элемент) вскоре была готова. Необходимы были испытания. Энергосистемы не давали согласия на подобные эксперименты — могло пострадать основное оборудование... Линию передачи смоделировали в двух товарных вагонах рядом с машинным залом станции. Испытания прошли успешно, генератор устойчиво работал с полной нагрузкой и большим фазовым углом. Устойчивость обеспечивалась сильным регулированием — проблема, поставленная в кандидатской диссертации Ботвинника 1937 года, теперь была решена на практике.

Следующим шагом для него стала защита докторской. Несмотря на хорошую практическую базу, это оказалось непросто. Недоброжелатели постарались не допустить Ботвинника к защите. Но шахматист-энергетик смог справиться и с этим. В конце жизни многие упрекали Ботвинника, что у него был непростой характер. Но те, кто его знал близко, считали, что без такой настойчивости и целеустремленности он никогда бы не смог стать чемпионом мира.

В 1950 году в издательстве «Госэнергоиздат» вышла его книга, названная по теме диссертации: «Регулирование возбуждения и статическая устойчивость синхронной машины». Наряду с регуляторами сильного возбуждения, асинхронизированные синхронные машины составили «золотой взнос» Михаила Моисеевича в мировую электроэнергетику. До него никому не удавалось преодолеть проблему зависимости устойчивости синхронной машины от углового положения ротора. Ограничения по устойчивости не позволяли создать достаточно мощные и надежные генераторы, которых требовала промышленность. Ботвинник нашел решение проблемы, «асинхронизировав» машину, что определило критерием надежности не угол ротора, а скольжение. Первая в мире обобщающая теоретическая работа в этой области была написана Михаилом Моисеевичем в 1960 году, опубликована сначала в СССР, а затем в Великобритании. Для практиков самым ценным стал опыт внедрения новых машин на Иовской, а позднее на Куйбышевской (ныне Волжской) ГЭС.

Михаил Ботвинник создал научную школу в области асинхронизированных машин, получившую мировое признание. Такие генераторы, позволяющие повысить устойчивость и надежность отечественной единой энергосистемы, внедрены и продолжают внедряться на ряде электростанций России. Позднее ученики Ботвинника развили теорию асинхронизированных машин применительно к турбогенераторам.

Шахматы для ЭВМ

Доктор технических наук, инженер-электротехник, чемпион мира по шахматам, Михаил Ботвинник был среди тех, кто увидел в электронике будущее. Его следующим шагом в области развития техники стало участие в разработке программ искусственного интеллекта.

Последние 20 лет своей жизни Михаил Моисеевич посвятил созданию шахматной программы для ЭВМ, видя в этом возможность анализа и моделирования человеческой деятельности при решении сложных, в том числе экономических, задач. Параллельно он продолжал готовить молодых шахматистов. Благодаря Михаилу Ботвиннику в большой спорт попали многие одаренные ребята. В 1987 году друг отца будущего чемпиона мира по шахматам Владимира Крамника, директор туапсинского почтамта, написал письмо патриарху советских шахмат Ботвиннику, в котором рассказал о талантливом мальчике. «Ботвинник попросил прислать тексты моих партий», — вспоминал Крамник. — «Для меня это было невероятным. Уже через некоторое время меня пригласили на сессию школы Ботвинника». Спортивная судьба Крамника была решена.

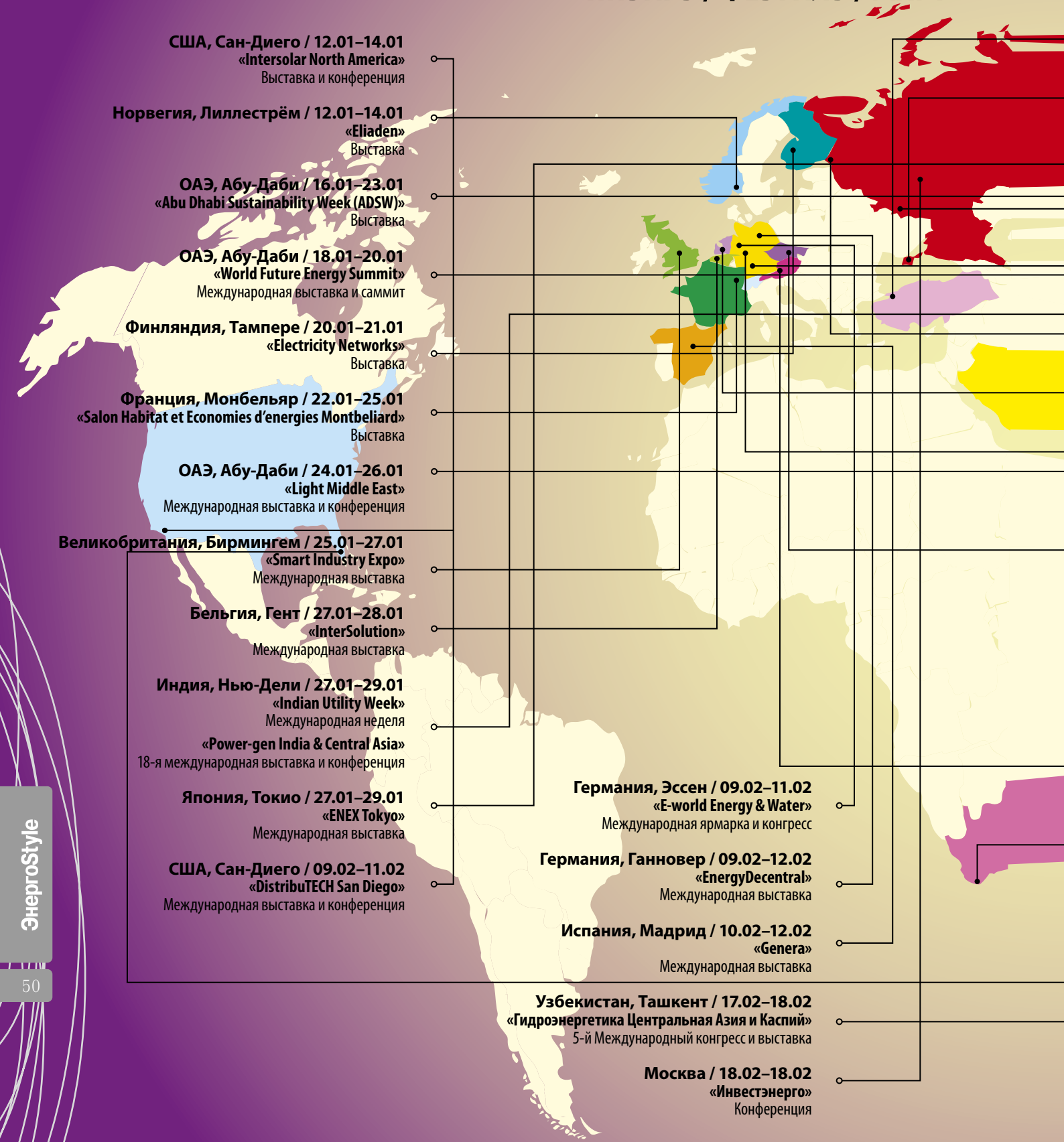
К концу жизни Ботвинник ослеп, в 1987 году ушла из жизни любимая жена, но он не утратил свой стрежень. Скончался ученый, практик, педагог и шахматист 5 мая 1995 года в своей московской квартире у Фрунзенской набережной от рака поджелудочной железы. Как вспоминал племянник чемпиона мира Игорь Ботвинник, Михаил Моисеевич умирал в полном сознании, с величайшим мужеством и достоинством, накануне кончины отдал близким исчерпывающие распоряжения о порядке организации похорон.

Михаил Ботвинник не зря сомневался в молодости, что выбрать — играть в шахматы или учиться электротехнике. Он был равно хорош и в той, и другой области. Шахматисты удивляются: Ботвиннику хватило сил быть выдающимся инженером. Энергетики гордятся: наши специалисты достойны шахматной короны. **ЭS**

МИР ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКСПОЗИЦИИ

ВЫСТАВКИ

ЯНВАРЬ / ФЕВРАЛЬ / МАРТ



США, Сан-Диего / 12.01–14.01
«Intersolar North America»
Выставка и конференция

Норвегия, Лиллестрём / 12.01–14.01
«Eliaden»
Выставка

ОАЭ, Абу-Даби / 16.01–23.01
«Abu Dhabi Sustainability Week (ADSW)»
Выставка

ОАЭ, Абу-Даби / 18.01–20.01
«World Future Energy Summit»
Международная выставка и саммит

Финляндия, Тампере / 20.01–21.01
«Electricity Networks»
Выставка

Франция, Монбельяр / 22.01–25.01
«Salon Habitat et Economies d'energies Montbeliard»
Выставка

ОАЭ, Абу-Даби / 24.01–26.01
«Light Middle East»
Международная выставка и конференция

Великобритания, Бирмингем / 25.01–27.01
«Smart Industry Expo»
Международная выставка

Бельгия, Гент / 27.01–28.01
«InterSolution»
Международная выставка

Индия, Нью-Дели / 27.01–29.01
«Indian Utility Week»
Международная неделя

«Power-gen India & Central Asia»
18-я международная выставка и конференция

Япония, Токио / 27.01–29.01
«ENEX Tokyo»
Международная выставка

США, Сан-Диего / 09.02–11.02
«DistribuTECH San Diego»
Международная выставка и конференция

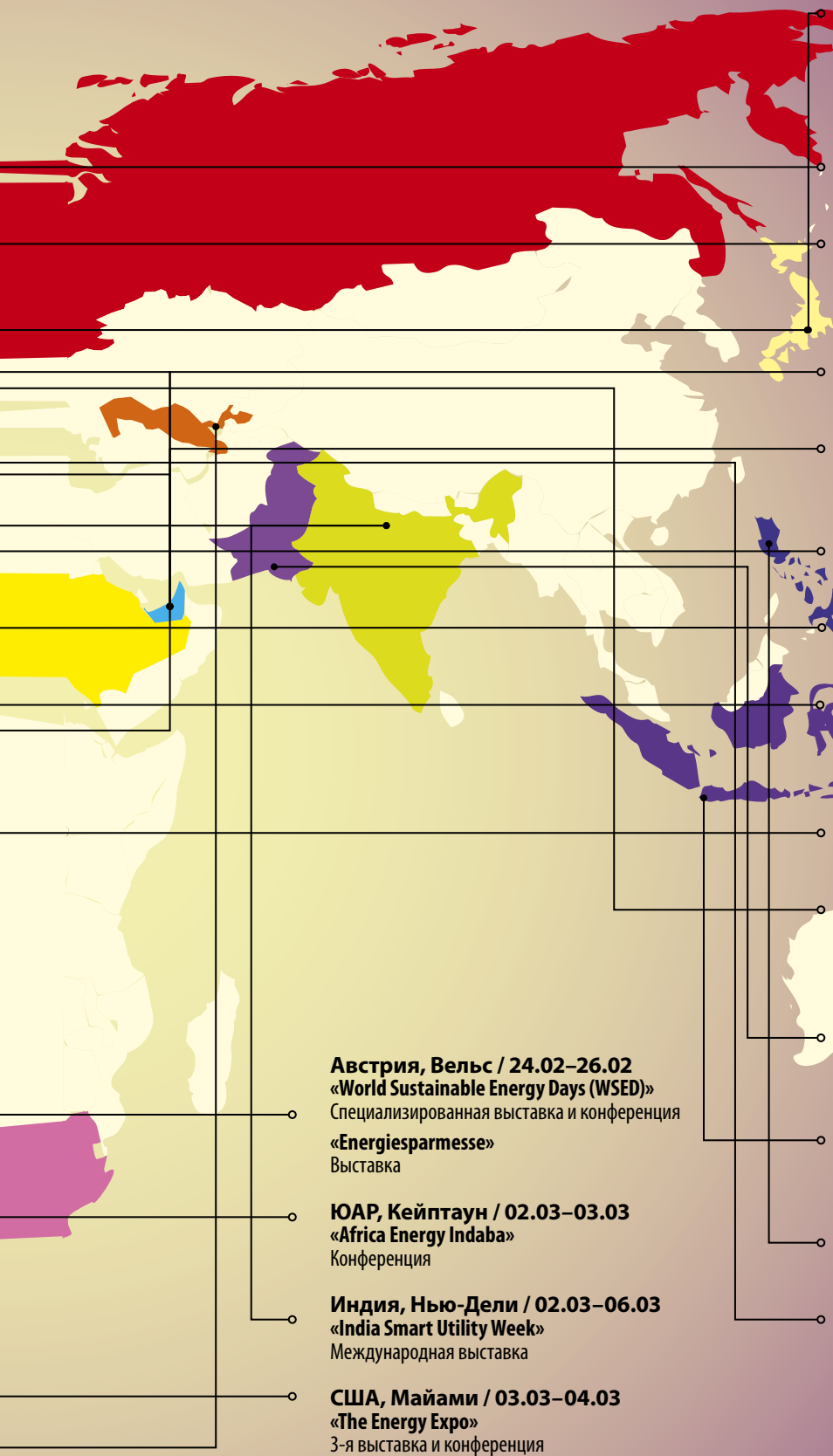
Германия, Эссен / 09.02–11.02
«E-world Energy & Water»
Международная ярмарка и конгресс

Германия, Ганновер / 09.02–12.02
«EnergyDecentral»
Международная выставка

Испания, Мадрид / 10.02–12.02
«Genera»
Международная выставка

Узбекистан, Ташкент / 17.02–18.02
«Гидроэнергетика Центральная Азия и Каспий»
5-й Международный конгресс и выставка

Москва / 18.02–18.02
«Инвестэнерго»
Конференция



Япония, Токио / 03.03–05.03
«Wind Expo»
«World Smart Energy Week Tokyo»
«PV Expo Tokyo»
Международные выставки

Турция, Стамбул / 10.03–11.03
«ICSG Istanbul»
Международный конгресс и выставка

Симферополь / 11.03–13.03
«Крым. Стройиндустрия. Энергосбережение. Весна»
Межрегиональная специализированная выставка

ОАЭ, Дубай / 15.03–16.03
«International Smart City Expo»
13-я международная конференция и выставка

ОАЭ, Дубай / 15.03–17.03
«Middle East Energy Dubai»
Международная выставка

Санкт-Петербург / 16.03–17.03
«Биотопливный конгресс»
Международный форум

Нидерланды, Вейфёйзен / 16.03–18.03
«Solar Solutions»
Международная выставка

Германия, Дюссельдорф / 16.03–18.03
«Energy Storage Europe»
Выставка и конференция

Чехия, Брно / 16.03–19.03
«Amper»
28-я Международная выставка

Белгород / 17.03–19.03
«Энергосбережение и электротехника. ЖКХ»
Межрегиональная специализированная выставка

Пакистан, Карачи / 20.03–22.03
«ITIF Asia»
Международная комплексная выставка
«Power & Alternative Energy Asia»
Конференция и выставка

Индонезия, Джакарта / 23.03–25.03
«Power-Gen Asia»
Международная выставка и конференция

Филиппины, Пасай / 24.03–26.03
«PhilEnergy»
Международная выставка

Германия, Шветцинген / 27.03–28.03
«EnergieMesse Rhein-Neckar»
Выставка

Австрия, Вельс / 24.02–26.02
«World Sustainable Energy Days (WSED)»
Специализированная выставка и конференция
«Energiesparmesse»
Выставка

ЮАР, Кейптаун / 02.03–03.03
«Africa Energy Indaba»
Конференция

Индия, Нью-Дели / 02.03–06.03
«India Smart Utility Week»
Международная выставка

США, Майами / 03.03–04.03
«The Energy Expo»
3-я выставка и конференция

США
Норвегия
ОАЭ
Финляндия
Франция
Великобритания
Бельгия
Индия
Япония
Германия
Испания
Узбекистан
Россия
Австрия
ЮАР
Турция
Нидерланды
Чехия
Пакистан
Индонезия
Филиппины

Пришествие магнитофона

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

« — Мне нужен заграничный магнитофон — немецкий или американский… — интимно сказала усатая покупательница, перегнувшись через прилавок <…>
— Есть очень хороший — советский!
— Не подойдет! — отрицательно пошевелила усами покупательница.
— Заграничный надо изыскивать… — задумчиво протянул Семицветов, привычно становясь на стезю вымогательства.
— Я понимаю! — Дама имела достаточный опыт. — Сколько?»
Эпизод в комиссионке из сценария фильма «Берегись автомобиля» (1966)

Рязановский киношедевр напоминает: в середине 1960-х бытовые катушечные магнитофоны — они же бобинники — даже отечественного производства были дефицитны и дороги, импортные же вообще малодосягаемы. В 1970-е годы ситуация прогрессировала: «Днепры», «Кометы», «Яузы» и пр. стали нередкими домочадцами у советских обывателей. Наряду с ламповыми аппаратами появились транзисторные, наряду с собственно магнитофонами — приставки и магнитолы, лучшие из которых были из своей советской заграницы — Литвы.

«Третий пласт»

Спрос поддерживался не только техническим усовершенствованием, но жадным интересом молодежи к записям музыкальной эстрады, шире — музыки «третьего пласта», прежде всего зарубежной, и цветущей авторской/бардовской песни. Понятно, что вне конкуренции были The Beatles и Высоцкий. Используемая ими техника вызывала особое внимание: осведомленные сообщали, что Высоцкий предпочитает японскую и швейцарскую аппаратуру — «Teac» и «Revox» — и что Пол Маккартни подарил Джону Леннону «Brenell»…

В середине 1960-х бытовые магнитофоны устремились по кассетному пути, благодаря фирме Philips и ее японским партнерам, а профессиональные студии пошли своим путем, увеличивая количество дорожек и усложняя микшерные пульты для высококачественного и индивидуального звучания: «Музыка, в которой было бы множество цветов и оттенков», — так сформулировал требования Джимми Пейдж из Led Zeppelin. Поэтому лучшую 32-дорожечную версию модели 811D компании Stephens Electronics использовали для записи Элвис Пресли, Нил Даймонд, Стив Миллер и другие. Ряд топовых рок-групп создавали собственные студии — стационарные и мобильные, как знаменитый фургон-студия The Rolling Stones. И даже в цифровую эру записывающая установка Polar в студии группы ABBA включала секцию с аналоговыми магнитофонами. Возможностями творческих манипуляций с магнитной лентой не гнушались и некоторые джазовые музыканты, к примеру, один из «интеллектуалов» кул-джаза Ленни Тристано. Приоритет зарубежных магнитофонов был естественен, ибо авангард звукозаписывающих фирм и концернов сосредоточился на западе, где стремительно развивалась технологическая революция, запущенная еще Беллом и Эдисоном.

Потребители

Технические новации обычно стимулируются социальными запросами, и можно назвать три исторически значимых профессиональных интересанта — это *индустрия радиовещания, творческий музыкальный авангард и музыка «третьего пласта»*. Последний (в том числе хронологически) уже обозначен выше, вернемся к более ранним.

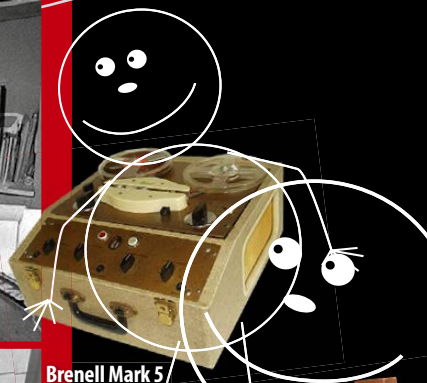
Индустрия радиовещания развивалась с начала 1920-х в духе динамичной эстафеты. В США, где радио немедленно превратилось в средство массовой информации, лидером стала основанная в 1919 году компания RCA — Radio Corporation of America. С декабря 1921 года начинает вещание французская радиостанция Radio Tour Eiffel. Почти год спустя организуется BBC — British Broadcasting Company, через пять лет национализированная как современная BBCorporation. В 1925-м в Берлине основана RRG — Reichs-Rundfunk-Gesellschaft mbH. Радиоиндустрия динамично превращалась в тяжеловеса по финансовым ресурсам и по рынку сбыта, который завоевывала в значительной степени за счет музыки: так, в 1927 году ее трансляция на RRG занимала 39 % эфира (литература — только 10 %). Естественно, радиостанции были кровно заинтересованы в прогрессе записывающей аппаратуры высокого студийного качества.

Творческий музыкальный авангард пульсировал в своем художественном пространстве, сотрудничал с инженерами-изобретателями электроинструментов, но имел малый допуск в радиоэфир из-за коммерческой нерентабельности и политической ситуации 1930-х — начала 1940-х. Поэтому композиторы отреагировали на пришествие магнитофона уже после Второй мировой, в эпоху Новейшей музыки.

Rolling Stones в студии звукозаписи Aula de musica

Revox A77

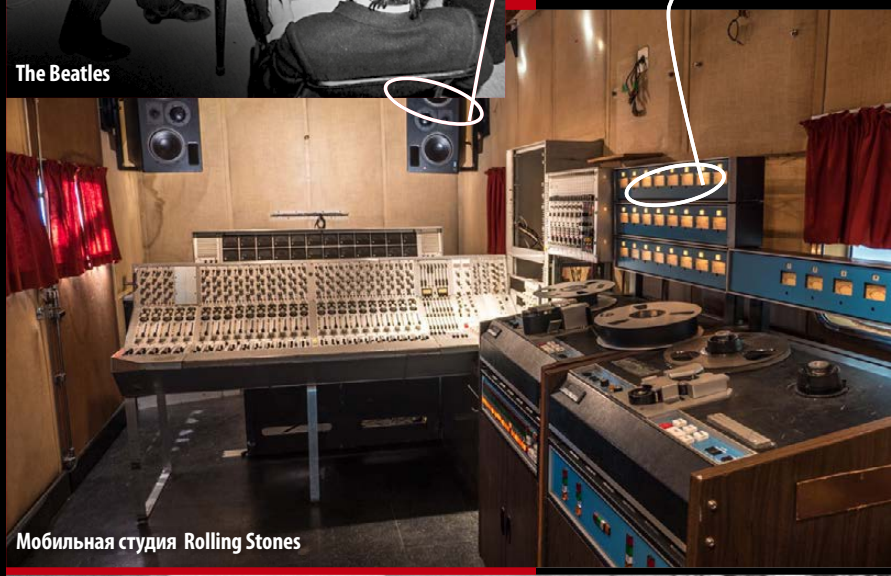
Джимми Пейдж из Led Zeppelin



Brenell Mark 5

The Beatles

TEAC начала 1970-х



Мобильная студия Rolling Stones

Владимир Высоцкий

Прорыв

Пришествие магнитофона состоялось в 1935 году на Большой Немецкой Радиовыставке в Берлине, где прошла презентация первого в мире аппарата магнитной записи — «Magnetophon K1», произведенного концерном AEG — Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (Всеобщей электрической компанией), хотя само рождение первенца произошло еще в 1932-м. Но более значимым оказался выпуск той же AEG модели «Magnetophon K4-HF» (1941), чьи технические параметры не знали равных среди бытовавших аппаратов магнитной записи. Уже в следующем году началась работа над стереофонией, и эти события проложили дорогу магнитофону в профессиональную композиторскую деятельность.

Однако не будем неблагодарными и вспомним тех, кто был причастен к созданию этой звуковой машины:

• Вальдемар Поульсен, датский инженер, еще в 1898 году разработавший телеграфон с базовым принципом аналоговой магнитной записи звука (на стальную проволоку), а в 1908 году создавший улучшенный вариант дугового передатчика;

• Фриц Пфлёймер, немецкий инженер, в 1928 году продемонстрировавший публике магнитную запись на бумажной ленте с напыленным оксидом железа. Этот удобный носитель от химического концерна BASF и был использован в «Magnetophon K1»;

• Фридрих Маттиас, инженер из IG Farben/BASF, разработавший многослойную ленту из подложки, клея и железного напыления, что оказалось революционным прорывом, представленным публике в 1939 году;

• Вальтер Вебер, немецкий физик, работавший в AEG над качеством воспроизведения звука в магнитофонах и в 1940 году запатентовавший технологию высокочастотного подмагничивания ленты переменным током.

Так, в результате инженерных экспериментов и сотрудничества электронной AEG с химической BASF плюс содействия — внимание! — радиовещательной RRG, появился лучший на тот момент «Magnetophon K4-HF». И если звукозапись квалифицируют как «поистине эпохальное изобретение XX века», то решающий технологический перелом в цепочке носителей аналоговой записи (валик, грампластинка, магнитная лента на катушке, компакт-кассета) связан с явлением магнитофона. Актуальность магнитной пленки как хранителя звуковых текстов самоочевидна: фонды телерадиовещания, музыкальных учреждений (от учебных до филармонических и театральных), личные фонотеки профессионалов (композиторов, исполнителей, музыковедов) и любителей — всюду, наряду с совершенствующейся пластинкой, востребована магнитофонная катушка, а потом кассета. Разница состояла лишь в типе и качестве магнитофона, однако стационарный или портативный, массовый или профессиональный — он стал в звукозаписи техническим помощником № 1.

Опуская такую конспирологию, как магнитофон в искусственном зубе агента спецслужб, и такую лирику, как балет «Золушка», напетый на магнитофон Плисецкой и услышанный Щедриным (у Лили Брик), перейдем к роли этого аппарата в музыкально-академической среде. Но прежде завершим радиоэкскурс фактом в тему: 17 января 1963 года, во время первого сеанса спутникового радиовещания из Натли (США) в Рио-де-Жанейро (Бразилия) на мобильную радиостанцию, была использована 12-минутная магнитофонная запись.

Творческий партнер

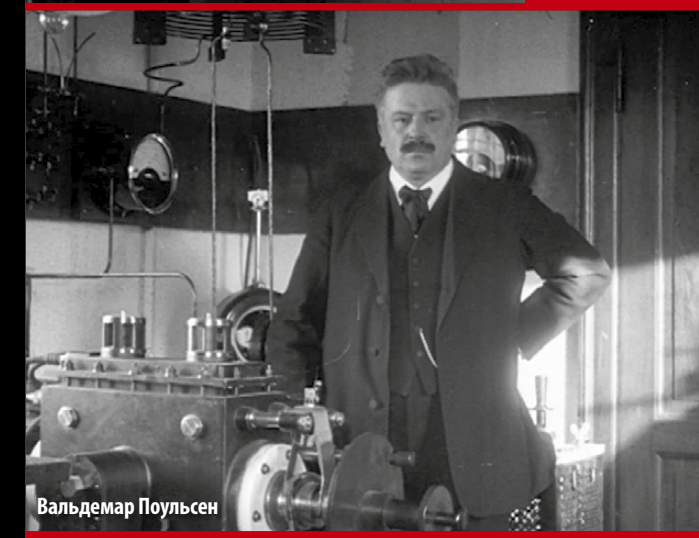
Ранее всех магнитофон был оценен французскими идеологами и практиками «конкретной музыки» — Пьером Шеффером и Пьером Анри и появился в парижской Studio d'Essai в 1951 году. Название «конкретная» инженер-акустик Шеффер объяснял тем, что эта музыка «основана на использовании уже существующих элементов, любых звуковых материалов, будь то шум или обычная музыка». Нельзя упрекнуть его в оригинальности. Близкие, но очень агрессивные лозунги звучали у итальянских футуристов-брюитистов перед Первой мировой: «Требуем земной, повседневной музыки! Вперед к машинам! Машины — в искусство! Электричество — наш бог!» Еще раньше русский футурист Николай Кульбин отстаивал право художника пользоваться «музыкой со свободным выбором звуков».

AEG. Берлин

Magnetophon K4-HF

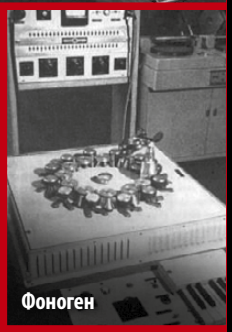
Фриц Пфлёймер

Студийный магнитофон Маркони на BBC. 1935


Вальдемар Поульсен

Пьер Шеффер

Морфофон


Фоноген

Стив Райх

Джон Кейдж

Эдгар Варез

Однако рациональные французы навели теоретический порядок в musique concrète, создав терминологию (например, «звуковой объект» — зафиксированное на пленке звуковое явление), типологию и морфологию («звуковых объектов» и «музыкальных объектов»), алгоритм работы композитора и технологические приемы преобразования «звуковых объектов». После отбора и записи последних с ними можно производить транспозицию, фильтрацию, разнообразные трансформации, монтаж, миксаж, пространственную реверберацию. Некоторые технологические приемы потребовали напряжения инженерной мысли: в том же 1951 году для свободы транспозиций звукового материала Шеффер изобрел фоноген — магнитофон с 12-ю скоростями, а для фильтрации звука — морфофон, то есть магнитофон с функцией изменения характера звучания.

Очевидно, что *«единицей мышления»* (термин композитора Альфреда Шнитке) в конкретной музыке стал «звуковой объект». В трактовке его содержания наблюдается удивительная встреча Запада и Востока, ибо мнение сциентиста* Шеффера о пригодности «любых звуковых материалов» и мнение «дзен-буддиста» Кейджа «музыка — все, что звучит вокруг» внешне тождественны. Для фиксации «всего, что звучит вокруг» магнитофон подходил идеально, и раскованные американцы перехватили инициативу.

Звездный час

Произведением как творческим продуктом стала фонограмма, что обусловило название техники *«music for tape»* или просто *«tape music»*. Целая группа американских композиторов — Владимир Усачевский, Отто Люэнинг и «нью-йоркский квартет» (Мортон Фелдман, Джон Кейдж, Эрл Браун, Крисчен Вулф) — активно приложили руки к этому феномену. Кейдж открыл «Музыкальный проект для магнитной пленки» коллажем «Williams Mix» (1952) для восьми магнитофонных пленок, записанных отдельно. Звуковой материал был набран из груды магнитофонных записей шести видов звуков: городских, сельских, электронных, «рукотворных», звуков ветра и «мелких» — всего 600! Композицию автор составлял играючи с любимой книгой «И-Цзин» и получил весьма прихотливую структуру вплоть до 16-ти синхронных рядов. Аналогичный состав из восьми пленок, но с усилителями, тогда же использовал Эрл Браун («Octet I», 1953).

Молодое направление поддержал маститый Эдгар Варез, давний энтузиаст «освобожденного звука». Начатые в Нью-Йорке «Пустыни» были завершены и исполнены в Париже (1954), связав эксперименты Старого и Нового света, Первого и Второго авангарда. Музыка для духовых, 46 ударных и фортепиано без крышки дополнена магнитофонными вставками профильтрованных и смикшированных записей заводских и уличных шумов — «организованного звука» (автор). Но Варез наполнил драматургию актуальным смыслом, сопоставляя гуманистичный характер инструментальных разделов с антигуманностью звучаний магнитной ленты, в силу чего композитор и дирижер Леонард Бернстайн сравнил «Пустыни» с картиной Пикассо «Герника».

Дальнейшие исследования «tape music» протекали и в институциях (Groupe de Recherches Musicales в Париже, The Columbia-Princeton Electronic Music Center в Нью-Йорке, Studio di Fonologia Musicale в Милане, Tape Music Center в Сан-Франциско), и в композиторской практике, вплоть до постминималистов, причем не без новаций. Так, в середине 1960-х будущий классик минимализма Стив Райх открыл «технику фазового сдвига»: постепенное расхождение в звучании синхронно включенных магнитофонов с одинаковыми записями на одинаковых пленочных петлях, и этот эффект использовался в опусах его коллег.

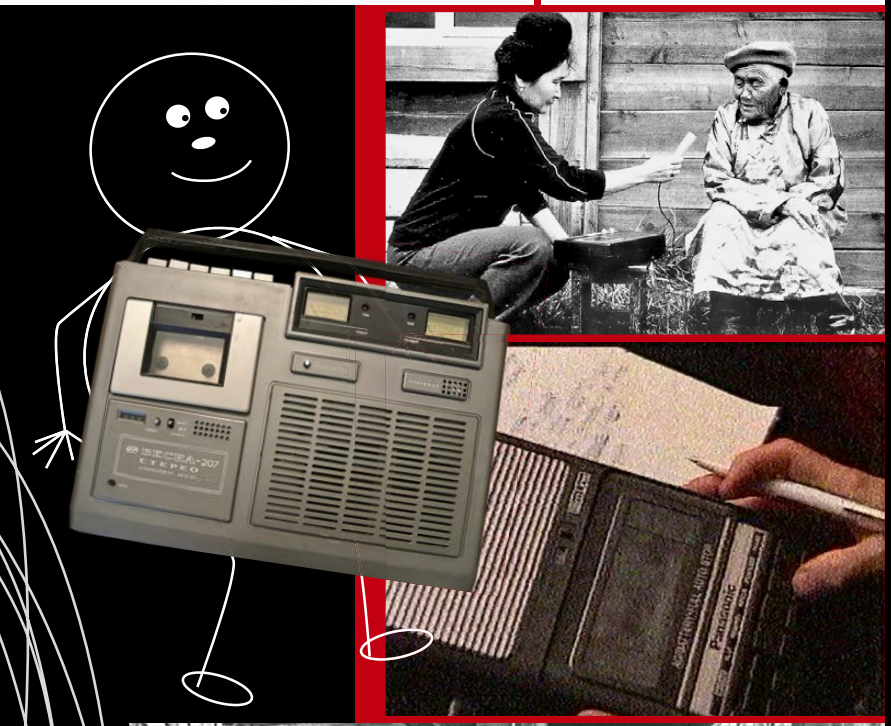
---

* Сциентизм (от лат. scientia — знание, наука) — идейная позиция, основанная на культе научного знания как высшей ценности и определяющем факторе ориентации человека в мире.

Повседневность

Магнитофон стал одним из удобных инструментов-исполнителей, который использовали по мере необходимости композиторы разных стран и разных стилевых установок: от Штокхаузена и Ноно до Артемьева и Губайдулиной, от Тертеряна и Канчели до Пендерецкого и Райли. При этом техногенность могла полностью преодолеваться: пьеса «Пение птиц» (1969) Эдисона Денисова для подготовленного фортепиано и магнитофонной ленты внесла «в концертный зал аромат русского леса, птичьи голоса, щебеты, другие звуки природы — источника чистой и вольной жизни» (Юрий Холопов). Два года спустя Кейдж создал перформанс «Птичья клетка», где на пленке, синхронно с инструментами, тоже звучали голоса птиц и звуки леса. Вообще Кейдж каждое десятилетие выдавал «tape music».

Партитура



Фонограмма «выступает» и соло, и как ансамблист, и как солист в оркестровом концерте. Она не нуждается в нотной записи и сокращает известную триаду «композитор — исполнитель — слушатель», поскольку записанному на пленку опусу не нужны исполнительские интерпретации. Если техникой управляет автор, он делает мнемоническую графику-для-себя, если кто-то иной — создается специфическая пространственная графика. Сейчас «tape music» узаконена как ранний вид электронной музыки и включается в группу либо технической, либо электроакустической музыки.

Магнитофон вышел и «*в поле*», ибо точная фиксация акустического текста и мобильные кондиции сыграли исключительную — хотя и запоздалую — роль в *этномузыкологии*. Проблема аутентичности фольклорных записей всегда была коренной в изучении народного творчества, бытующего исключительно в устной традиции. Столетие ручной записи песен «с голоса» и наигрышей «с инструмента» сменилось полувековой эпохой фонографов с восковыми валиками, что было великим благом: на рубеже XIX–XX веков формирование молодых музыкальных классик и «новая фольклорная волна» могли опереться на юную технику звукозаписи. Благодаря сохранившимся в фоноархивах валикам сейчас оцифровываются многочисленные фольклорные раритеты, в особенности бесценные образцы народного многоголосия. Традиционные фольклорные экспедиции — «полевые работы» — зарубежных специалистов уже с конца 1930-х оснащались магнитофонами. В СССР этот прогресс пришел в начале 1950-х годов в условиях жесткого дефицита аппаратуры и пленки. Студенты консерваторий (композиторы и музыковеды) с руководителями отправлялись в учебные экспедиции, проходя курс «народной консерватории» (Сергей Слонимский) и пополняя фонды как ручными записями, так и фонограммами. Лишь к концу 1960-х фонограмма у нас повсеместно стала основным продуктом-документом музыкально-этнографической работы «в поле», основой для расшифровки и изучения остатков фольклора, вытесняемого тотальной урбанизацией.

Эта звуковая машина оказалась не только техническим достижением, но вместе с тем — «заслуженным работником культуры» и даже ностальгическим символом эпохи. Благодарим и не прощаемся, старый добрый «маг»! **ЭS**

СОЮЗ “БЕЛГОРОДСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА”

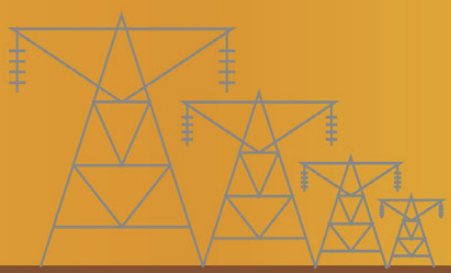
БЕЛЭКСПОЦЕНТР

17 - 19 марта 2021

XVIII межрегиональная специализированная выставка

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО



Т./ф.: (4722) 58-29-40, 58-29-65, 58-29-41
E-mail: belexpo@mail.ru; www.belexpocentr.ru
г. Белгород, ул. Победы, 147 А

ИЗОЛЯТОРЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ
СПИРАЛЬНАЯ АРМАТУРА
АРМАТУРА ДЛЯ ЛЭП
АРМАТУРА СИП
ПРОВОД СИП
МОЛНИЕЗАЩИТА
КАБЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ
ОПОРЫ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ
НАТЯЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ЛОКУС
основан в 1993 году
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. Большевистская, 177, оф. 425
тел./факс: (383) 227-82-58, 227-82-66, 227-82-79
e-mail: locus-nsk@locus.ru