

Исследовательский комитет СИГРЭ С4

«Технические характеристики энергосистем»



cigre

For power system expertise

Направления деятельности ИК С4

Сфера деятельности Исследовательского Комитета (Study Committee) С4 включает в себя следующие направления изучения технических характеристик больших энергосистем:

- *качество электроэнергии;*
- *электромагнитная совместимость и электромагнитное излучение (ЭМС/ЭМИ);*
- *координация изоляции;*
- *влияние грозových разрядов на основное и вторичное оборудование;*
- *анализ динамики энергосистем, в том числе, на основе новейших технологий и математических методов.*

Мероприятия ИК С4 на 47-й Сессии

В рамках 47-й Сессии СИГРЭ ИК С4 были проведены следующие основные мероприятия:

- *Заседания рабочих групп (Working Group - WG) С4.*
- *Внутренне пленарное заседание ИК С4 с обсуждением наиболее значимых результатов ИК С4 по направлениям деятельности рабочих групп, перспективных целей и задач комитета.*
- *Общее открытое заседание с обсуждением и дополнением основных докладов по предпочтительным тематикам ИК С4.*
- *Постер-сессия с очной презентацией докладов по тематике ИК.*

Рабочие группы (WG&JWG) ИК С4

Type	Number	Convener	WG Title	Created	Scheduled Disbanding	Strategic Direction	Tech. Issue	Potential Benefit
WG	C4.503	J. Mahseredjian	Numerical techniques for the computation of power systems, from steady-state to switching transients	2010	2017	1	8	
WG	C4.23	C. Engelbrecht	GUIDE TO PROCEDURES FOR ESTIMATING THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES	2012	2017	2	9	
WG	C4.25	K. Kopsidas	Issues related to ELF Electromagnetic Field exposure and transient contact currents	2011	2016	1	8	
WG	C4.28	P. E. Munoz Rojas	Extrapolation of measured values of power frequency magnetic fields in the vicinity of power links	2012	2018	3	8	
JWG	C4.31/CIRE	D. Thomas	EMC between communication circuits and power systems	2012	2018	1	2	
WG	C4.32	W. Radasky	Understanding of the geomagnetic storm environment for high voltage power grids	2013	2018	2	10	
WG	C4.33	S. Visacro	Impact of Soil-Parameter Frequency Dependence on the Response of Grounding Electrodes and on the Lightning Performance of Electrical Systems	2013	2018	2	9	
WG	C4.36	M. Ishii	Winter Lightning – Parameters and Engineering Consequences for Wind Turbines	2014	2019	2	10	
WG	C4.37	Y. Baba	Electromagnetic Computation Methods for Lightning Surge Studies with Emphasis on the FDTD Method	2014	2019	1	10	
JWG	C4/B4.38	M. Val Escudero	Network Modelling for Harmonic Studies	2014	2018	1	3	
WG	C4.39	K. Tsuge	Effectiveness of line surge arresters for lightning protection of overhead transmission lines	2015	2019	2, 4	10	
JWG	C4.40/CIRE	M. Halpin	Revisions to IEC Technical Reports 61000-3-6, 61000-3-7, 61000-3-13, and 61000-3-14	2015	2018	1	8, 1	
JWG	C4/B5.41	L. Haarla	Challenges with series compensation application in power systems when overcompensating lines	2015	2018	1	8	
JWG	C4.42/CIRE	I. Papič	Continuous assessment of low-order harmonic emissions from customer installations	2015	2019	2	8	
WG	C4.43	T. Shindo	Lightning problems and lightning risk management for nuclear power plants	2017	2020	2, 3	10	
WG	C4.44	E. Salinas	EMC for Large Photovoltaic Systems	2017	2019	1	8	
WG	C4.45	S. Xie	Measuring techniques and characteristics of fast and very fast transient overvoltages in substations and converter stations	2017	2020	2	3, 6, 8	
WG	C4.46	Filipe Faria da Silva	Evaluation of Temporary Overvoltages in Power Systems due to Low Order Harmonic Resonances	2017	2021	1, 2	6, 8	3, 6
WG	C4.47	Malcolm van Harte	Power System Resilience (PSR WG)	2017	2020	1	8	3
WG	C4.48	Ivan Dudurych	Overvoltage Withstand Characteristics of Power System Equipment 35-1200 kV	2017	2020	1, 2	6, 8	1, 2, 5
WG	C4.49	Łukasz Kocewiak	Multi-frequency stability of converter-based modern power systems	2018	2021	1	3, 8	2, 3, 4
WG	C4.50	Bo Zhang	Evaluation of Transient Performance of Grounding Systems in Substations and Its Impact on Primary and Secondary Systems	2018	2021	2	8, 6	3, 5, 6
JWG	A2/C4.52	B. Gustavsen	High-frequency transformer and reactor models for network studies	2014	2019	1	8	
JWG	A1/C4.52	N. Miller	Wind generators and frequency-active power control of power systems	2015	2018	1, 2	5	
JWG	C2/C4.37	Y. Fang	Recommendations for Systematic Framework Design of Power System Stability Control	2015	2018	2	5	
JWG	B4/B1/C4.73	M. Saltzer	Surge and extended overvoltage testing of HVDC Cable Systems	2015	2017	1, 3	3, 7, 9	
JWG	B5/C4.61	Ray Zhang	Impact of Low Inertia Network on Protection and Control	2017	2020	1, 2	6	
JWG	C1/C4.36	V. Simoes / S. Utts	Review of Large City & Metropolitan Area power system development trends taking into account new generation, grid and information technologies	2017	2019	1, 2	5, 7	
JWG	C2/C4.41	Mpeli Rampokanyo	Impact of high penetration of inverter-based generation on system inertia of networks	2018	2020	1, 2	5, 10	2, 3, 4

Постер-сессия ИК С4

ИК С4 представил на 47-й сессии СИГРЭ 2018 года 53 доклада, согласно трех **Приоритетных Тематик (ПТ)**:

- **ПТ1:** Анализ технических характеристик энергосистем с учетом влияния высокого уровня интеграции технологий на базе силовой электроники.
- **ПТ2:** Разработки и достижения в области моделирования и оценки характеристик координации изоляции и влияния грозových разрядов.
- **ПТ3:** Достижения в области методов, моделей и методологии анализа технических характеристик энергосистем.

Приоритетная тематика ПТ1

ПТ1 «Анализ технических характеристик энергосистем с учетом влияния высокого уровня интеграции технологий на базе силовой электроники» со следующими подкатегориями:

- мониторинг и управление запасами устойчивости энергосистемы с акцентом на системы управления частотой и напряжением возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ) на основе силовой электроники
- математическое и имитационное моделирование энергосистем с большой долей ВИЭ, а также проблематика компенсации реактивной мощности и влияния микросетей;
- измерение, сравнительные испытания, анализ и стандартизация показателей качества электроэнергии;
- аспекты ЭМИ/ЭМС будущих энергетических сетей, включая ультранизкочастотные (УНЧ) воздействия.

Подкатегория 1.1: 12 докладов (№№102, 105, 106, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124 и 125).

Подкатегория 1.2: 12 докладов (№№101, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 122, 126 и 127).

Подкатегория 1.3: 2 доклада (№№ 103 и 116).

Дискуссия по ПТ1 (подкатегория 1.1)

Сетевые накопители энергии на основе аккумуляторных батарей (BESS):

- Можно ли, наконец, ожидать масштабного внедрения данной технологии?
- Какие сетевые услуги/функции в настоящее время предоставляются таким оборудованием?
- Какое представление сложилось у энергетиков относительно роли BESS в электроэнергетических системах будущего?

Каков мировой опыт использования **шунтирующих реакторов с подмагничиванием** для стабилизации напряжения и увеличения пропускной способности линий электропередачи?

Имеется ли новый опыт в области **технологий производства и передачи** электроэнергии, специально разработанных для решения проблем субсинхронного резонанса в магистральных сетях с устройствами продольной компенсации?

Быстродействующие устройства управления (регулирования):

- Насколько важны эти устройства управления для обеспечения высокой степени интеграции ВИЭ на основе силовой электроники?
- Какой наработан опыт в отношении преимуществ (или недостатков) быстродействующего регулирования на основе устройств FACTS и BESS, широкого использования передач и вставок постоянного тока?
- Насколько адекватны современные методы оценки рисков, планирования надежности и живучести для энергосистем будущего?

Дискуссия по ПТ1 (подкатегория 1.2)

Анализ искажений напряжения, вызванных ВИЭ на основе силовой электроники:

- Какой опыт и каковы требования системных операторов к энергосистемам, в которых большое количество ВИЭ уже внедрено или планируется к внедрению?
- В чем заключается новейший мировой опыт в отношении гармоник, вызванных генерацией на основе силовой электроники (в частности, четных гармоник), а также способов измерения, методов расчета и подавления данных возмущений?
- Существуют ли новые доступные технологии, которые в настоящее время масштабно используются для улучшения качества электроэнергии (наряду активными или гибридными фильтрами)?

Какой накоплен **опыт использования технологии Data Mining** и/или других новейших подходов для выделения полезной информации из больших объемов измерений при мониторинге качества электроэнергии? Насколько применимы эти методы с позиций системного оператора и проектировщиков электрических сетей?

Несимметрия напряжения:

- Какой существует опыт относительно уровней несимметрии напряжения в различных странах? Каков уровень несимметрии считается приемлемым и существуют ли планы по пересмотру/корректировке существующих ограничений в национальных сетях?
- Насколько велика тяжесть рассматриваемых проблем и каково практическое влияние высоких несимметрий напряжения на управление национальной сетью?
- Какую роль в изменении уровней несимметрии напряжения сыграло увеличение доли генерации на основе силовой электроники?

Необходимы ли **высокочастотные (2 – 150 кГц) измерения** как часть стандартной программы мониторинга качества электроэнергии в будущем? Какие технические особенности могут привести к такой необходимости и существуют ли в настоящее время примеры реализации в каких-либо сетях?

Приоритетная тематика ПТ2

ПТ2: «Разработки и достижения в области моделирования и оценки характеристик координации изоляции и влияния грозовых разрядов» со следующими подкатегориями:

- определение характеристик грозового разряда линий электропередачи, в том числе, контроль, оценка и методы анализа эффективности экранирования и линейных разрядников;
- грозозащита атомных электростанций и электростанций на возобновляемых источниках энергии, влияние сезонных изменений погоды и управление рисками;
- оценка набросов мощностей и перенапряжений на ВЛ/КЛ, влияние гармонических резонансов на кратковременные перенапряжения.

Подкатегория 2.1: 6 докладов (№№ 201, 202, 206, 207, 209, 212).

Подкатегория 3.2: 1 доклад (№ 213).

Подкатегория 2.3: 6 докладов (№№ 203, 204, 205, 208, 210, 211).

Дискуссия по ПТ2 (подкатегория 2.1)

Загрязнение изоляции:

- Каковы возможности по применению разработанных в Израиле методик построения карт пылевого загрязнения наружной изоляции?
- Какие характеристики изоляторов соответствуют высокой степени пылевого загрязнения территории?
- Каков международный опыт эксплуатации воздушных линий среднего или высокого напряжения в странах, серьезно страдающих от пылевых бурь?

Локализация места грозового разряда:

Каковы размеры территории вокруг линий и опор, которые дают достаточную гарантию того, что при анализе грозовых воздействий все основные опасные явления будут учтены?

Существует ли стандартная методика, основанная на определении места грозового разряда и расположения воздушной линии?

Достаточно ли карт грозовой активности для анализа грозовых воздействий или целесообразнее использовать карты с удельной плотностью ударов молнии (предоставляемые современными системами определения мест грозовых разрядов)?

Грозотросы и ОПН:

- Какова международная практика и опыт применения грозотросов на ВЛ напряжением ниже 130 кВ?
- Существуют ли примеры аномально высокого числа отказов ОПН?

Какова новейшая практика применения **численных методов расчета электромагнитных полей**?

Дискуссия по ПТ2 (подкатегории 2.2, 2.3)

Расчет перенапряжений методом конечных разностей:

- Насколько результаты расчетов могут повлиять на конструкцию защиты атомных электростанций?
- Существуют ли альтернативные исследования или экспериментальные данные в ядерной энергетике, которые могут подтвердить расчеты по методу конечных разностей?

Какие **методы** применяются в настоящее время для **уточнения параметров моделирования** на основе синхронизированных векторных измерений (PMU) и какие исследования проведены в этом отношении?

Какова международная **практика и опыт эксплуатации фильтров С-типа** в магистральных электропередачах переменного тока? Каковы основные отличия между конструкциями и способами применения этих фильтров в системах переменного и постоянного тока?

Каково обоснование установки в сети специализированных **измерительных устройств** с целью защиты и/или повышения точности **определения места грозового разряда**? Каков эффект от применения таких устройств?

Каковы **характеристики медленно-нарастающих перенапряжений** для электропередач постоянного тока с конфигурацией, отличной от однополюсного преобразователя напряжения? Какие электропередачи постоянного тока меньше подвержены такому типу перенапряжений?

Какие наиболее перспективные методы **защиты от феррорезонанса** в настоящее время применяются на подстанциях?

Приоритетная тематика ПТЗ

ПТЗ: «Достижения в области методов, моделей и методологии анализа технических характеристик энергосистем» со следующими подкатегориями:

- частотно-зависимые методы моделирования высокочастотных электрических переходных процессов и оценки качества электроэнергии;
- разработки в области исследований грозовых перенапряжений с использованием метода конечных разностей и достижений в области моделирования заземляющих устройств;
- гибридное моделирование динамического поведения энергосистем в режиме реального времени.

Подкатегория 3.1: 6 докладов (№№ 301, 304, 306, 309, 310, 311).

Подкатегория 3.2: не представлено докладов.

Подкатегория 3.3: 5 докладов (№№ 303, 305, 307, 313, 314).

Согласовано с ПТЗ: 3 доклада (№№ 302, 308, 312).

Дискуссия по ПТЗ (подкатегории 3.1, 3.3)

Сверхбыстрые перенапряжения:

- Какие альтернативные методы могут быть использованы для определения «узких мест» в конструкциях элегазовых выключателей, приводящих к возникновению сверхбыстрых квазистационарных перенапряжений, которые могут нанести ущерб оборудованию?
- Каков опыт других организаций в отношении сверхбыстрых квазистационарных перенапряжений, и было ли это явление выявлено или подпадает под подозрение в качестве потенциальной основной причины отказов близко расположенного оборудования?

Достоверность математических моделей:

Каким образом исключаются параметрические неопределенности при анализе гармонического состава токов и напряжений новых или модернизированных сетей?

Какие стандартные условия применяются при анализе высоковольтных кабельных сетей переменного тока?

Оценивается ли вероятность бесполезных инвестиций в мероприятия по снижению влияния различного рода негативных воздействий, если в рамках методологии анализа не проводятся исследования **чувствительности (робастности) энергосистем** к такого рода воздействиям, и есть ли тому практические примеры?

Оценивают ли ваши организации усиление мощности высших гармоник в отдельных фазах в качестве стандартной практики или используются усредненные оценки?

Каков опыт применения стандарта МЭК 60287-1-1 «Кабели электрические. Расчет номинальной токовой нагрузки». Достаточен ли объем накопленного опыта, позволяющий внести изменения в этот стандарт?

Дискуссия по ПТЗ (подкатегории 3.3)

Проблема неопределенности параметров моделирования нагрузки:

Насколько увеличились риски, связанные с использованием некорректных моделей нагрузки? Каков практический опыт или мнения по этому поводу (особенно операторов небольших энергосистем с растущим уровнем ВИЭ на основе силовой электроники)?

Насколько часто диспетчеры оценивают ограничения по устойчивости, используя не единственную фиксированную модель нагрузки, а семейство (множество) моделей? Как этот факт изменяет риск принятия ошибочного решения?

Признавая заслуги совместной рабочей группы C4-C6.35/CIRED «Modelling of inverter based generation for power system dynamic studies», обновляют ли диспетчеры систем существующие модели нагрузки с целью включения параметров системы распределенной генерации? Каков практический опыт использования брошюр и бюллетеней этой JWG?

Включают ли используемые модели нелинейность характеристик силовых преобразователей?

Как оцениваются начальные условия для модели нагрузки?

Каков общий подход к реализации «практической» модели нагрузки, включающей распределенную генерацию?

Дискуссия по ПТЗ (дополнительная подкатегория)

Методы моделирования энергосистем:

- Существуют ли какие-либо практические примеры использования частотно-зависимых сетевых эквивалентов, разработанных с использованием синхронизированных векторных измерений (PMU)?
- Каков опыт разработки низкочастотных эквивалентных моделей на основе PMU «в реальных условиях»?
- Каков новейший опыт использования PMU для разработки и/или проверки динамических моделей энергосистем, включая определение нестационарных динамических эквивалентов? Насколько распространено применение устройств PMU специально для целей разработки/проверки моделей, или эта технология всего лишь сопутствующий продукт для повышения «ситуационной осведомленности»?
- Возникает ли необходимость в многоканальных динамических эквивалентах, если несколько групп оборудования электрически достаточно близко сопряженно с устройствами силовой электроники? Каков недавний практический опыт использования многоканальных динамических сетевых эквивалентов?

Моделирование в реальном масштабе времени (RTS):

- Какую роль могут выполнять платформы RTS в диспетчерской среде с целью замены или дополнения существующих инструментов оценки динамической устойчивости?
- Насколько велика уверенность, что существующие методы и инструменты оценки динамической устойчивости, обычно фокусирующиеся на устойчивости переходного процесса, устойчивости по напряжению и колебательной устойчивости, будут актуальны для энергосистемы с большой долей оборудования на основе силовой электроники?

Учебная сессия (Tutorial Session)

В рамках 47-й сессии ИК С4 было проведено открытое заседание, на котором представлен доклад рабочей группы (WG) С4.34

«Применение синхронизированных векторных измерений (PMU) для мониторинга динамических характеристик энергосистем»,

содержащий:

- обзор этапов развития технологии, методов и алгоритмов PMU;
- анализ сетей передачи данных, безопасность передачи и хранения данных, используемые стандарты;
- отраслевой опыт внедрения PMU и использования данных, проблематика больших данных (Big Data);
- новые приложения и «узкие места» современной технологии PMU;
- рекомендуемые направления дальнейших исследований.

Спасибо за внимание!



cigre

For power system expertise

