

1	2	3	4	5	6	7
КПД нетто, %	40,2	42,0	43,4	45,6	44,1	58,1
Эмиссия, т/ч	381	364	352	336	321	170
Удельные эмиссии, т/(МВт·ч)	0,83	0,80	0,77	0,73	0,74	0,35

Примечание. ПСТ – прямое сжигание топлива (угля); IGCC – интегрированный комбинированный цикл с газификацией топлива; ПГУ – парогазовая установка

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года – утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 года № 1715-р [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/96681/> (дата обращения: 21.11.2014).
2. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2030 года – одобрена Правительством Российской Федерации, протокол от 3 июня 2010 г. № 24 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902091165> (дата обращения: 21.11.2014).
3. Power Generation From Coal 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iea.org/publications/> (дата обращения: 21.11.2014).
4. Jianxiong Mao How does China reduce CO₂ emissions from coal fired power generation? Activities and deployment of clean coal power generation and carbon capture in China // World Bank 2009 Energy Week. Washington DC. 2009, march 31 – april 2.
5. Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050. Paris: OECD / IEA. 2008. 644 p.

УДК 621.318

Черноскутов Д. В.
Уральский федеральный университет,
chernoskutov1989dv@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИЗОЛЯЦИОННОГО И ДУГОГАСИТЕЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ КОММУТАЦИОННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АППАРАТА

В настоящее время в электротехнической сфере в соответствии с принятым в 1997 г. Киотским протоколом [1], обязывающим снизить объем выброса парниковых газов, осуществляется поиск альтернативных средств, которые могут быть использованы в высоковольтной аппаратуре в качестве электроизолирующего и дугогасящего средства. Приоритетной линией мирового развития электроаппаратостроения является выбор в пользу экологически чистых материалов, способных в полной мере заменить существующие изолирующие среды, при этом сохранить и даже повысить номинальные технические параметры разрабатываемых высоковольтных аппаратов. В качестве такой альтернативной передовой инновационной технологии газовой изоляции в данной статье рассматривается углекислый газ CO₂.

На базе высоковольтной лаборатории испытательного центра ЗАО «Эль-маш (УЭТМ)» были проведены исследовательские высоковольтные и климатические испытания выключателя ВГТ-110 с заполнением углекислым газом CO_2 и азотом N_2 при абсолютном давлении заполнения 0,8–0,9 МПа. Результаты представлены в таблице.

Результаты высоковольтных испытаний между контактами

Вид испытаний	Внутренняя изоляция	Абсолютное давление, МПа	Норма, кВ	Результат испытаний, кВ	Заключение
Напряжение полных грозовых импульсов	CO_2	0,8	450	-500	Выдержал
				+500	Выдержал
				-550	3 разряда из 5 импульсов
		+550		3 разряда из 10 импульсов	
		0,85		-550	Выдержал
				+550	Выдержал
	N_2	0,85	450	-400	Выдержал
				+400	Выдержал
				-450	2 разряда из 2 импульсов
		0,9		+450	Выдержал
				-500	Выдержал
		+500		Выдержал	
Напряжение промышленной частоты	CO_2	0,85	230	230 5 минут	Выдержал
		0,1	126	75 кВ разряд при подъеме	Не выдержал
	N_2	0,9	230	230 5 минут	Выдержал
		0,1	126	70 кВ разряд при подъеме	Не выдержал

Получена диаграмма состояния углекислого газа при различных температурах с кривой насыщения (рис. 1).

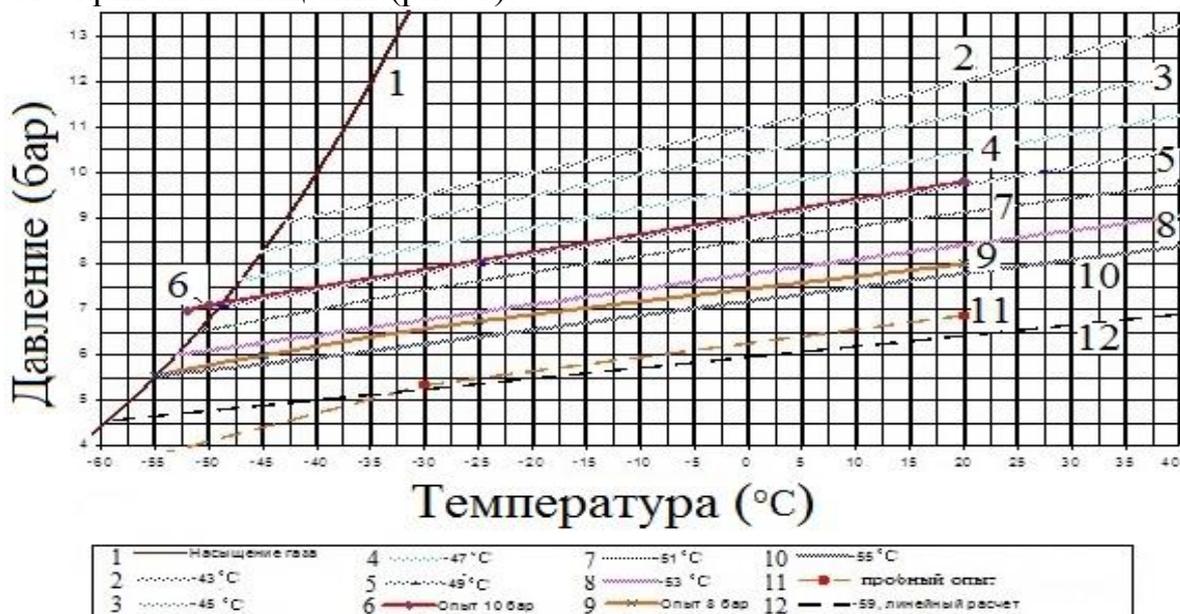


Рис. 1. Диаграмма состояния CO_2

Из сравнения полученных данных с диаграммой состояния элегаза можно сделать вывод о том, что углекислый газ при давлении заполнения 1 атм сжижается при более низких температурах порядка $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ вместо $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$ для элегаза.

С точки зрения эффективности гашения электрической дуги в источниках [2–4] приводятся результаты исследования роста давления элегаза SF_6 и углекислого газа CO_2 в компрессионном объеме при отключении больших токовых плотностей 28,4 кА. На рис. 2, а, б представлена зависимость углов α и β , которые характеризуют скорость истечения газа из объема сжатия дугогасительной камеры высоковольтного выключателя, от времени с момента размыкания контактов, а также изменение роста давления от этого параметра и от времени горения дуги.

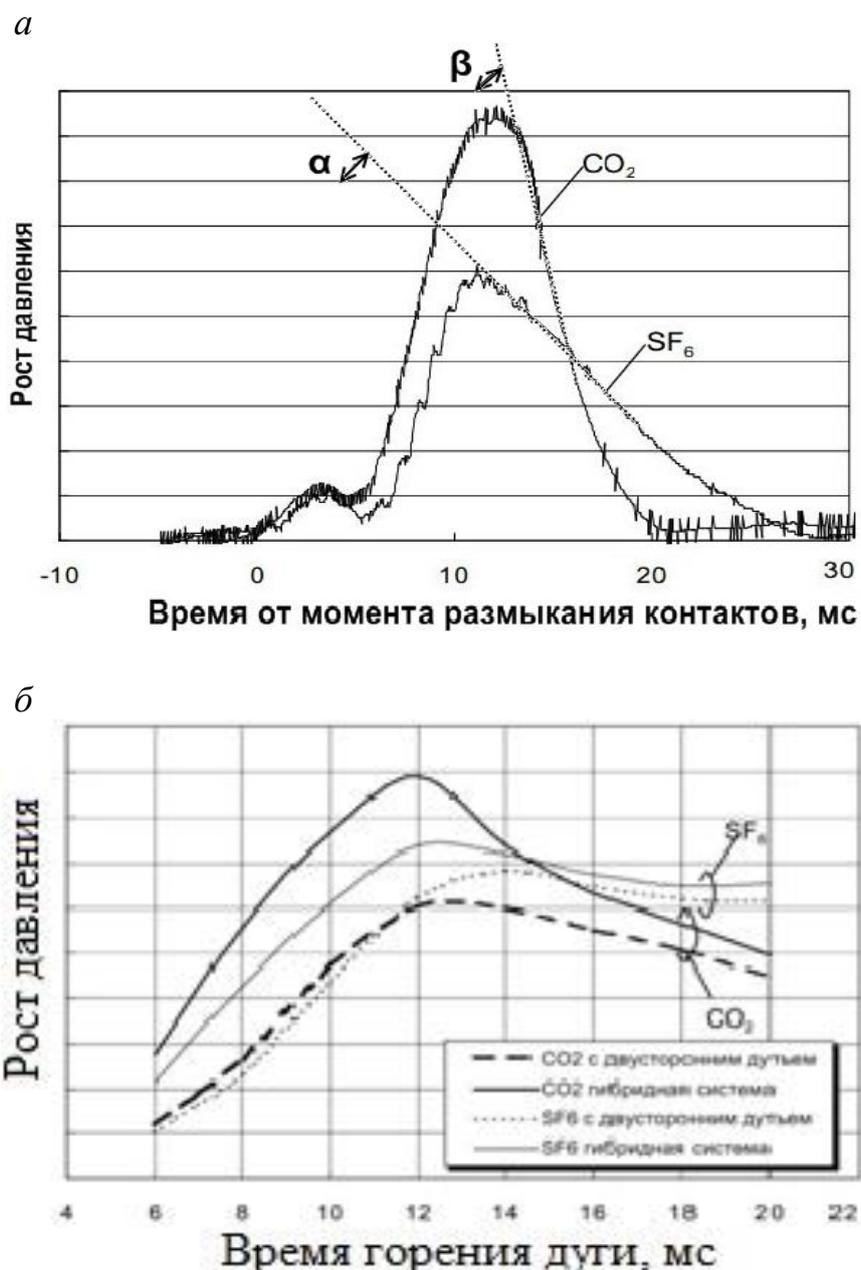
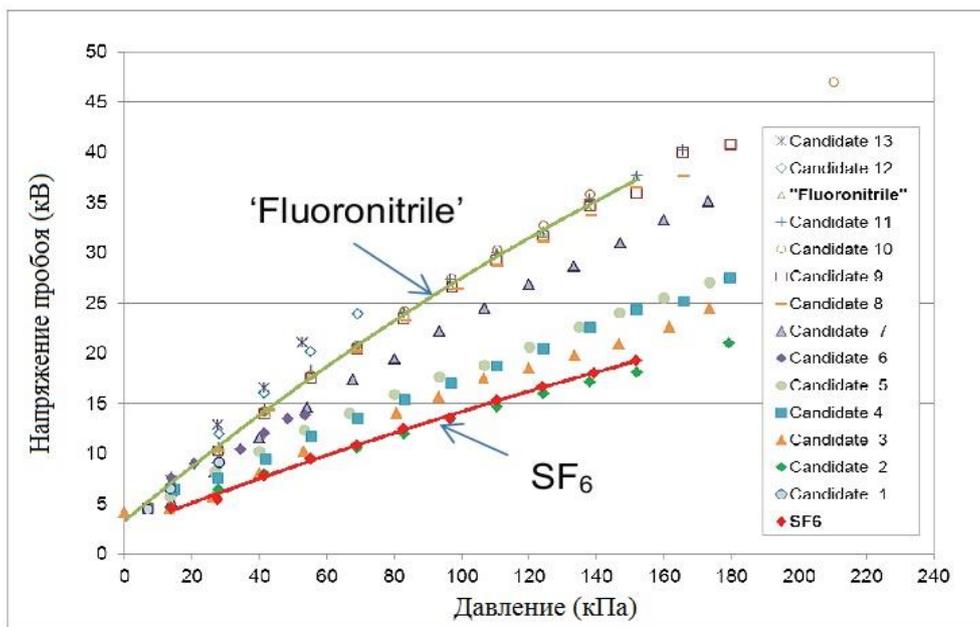


Рис. 2. Измеренный рост давления:
 а – зависимость углов α и β от времени с момента размыкания контактов;
 б – от времени горения дуги

Авторы работы [5] приводят данные по исследованию инновационного изолирующего и дугогасящего газа чистого фторнитрила, превосходящего по своим изоляционным характеристикам существующие газы (рис. 3, а, б). Недостатком этого инновационного решения по применению газа фторнитрила является температура сжижения $-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ при 1 атм, поэтому применяется смесь чистого фторнитрила с CO_2 в пропорции 20/80 для достижения электрической прочности, идентичной прочности элегаза, при этом температура сжижения составляет $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ при давлении смеси 5,5 атм [5].

а



б

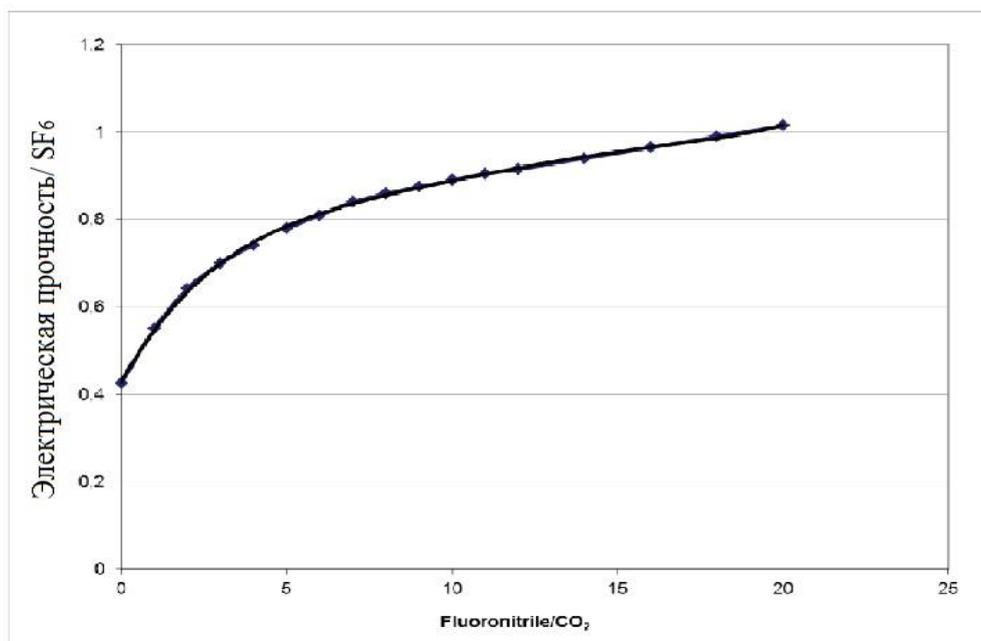


Рис. 3. Сравнение электрической прочности SF₆ со фторнитрилом при межконтактном промежутке 2,5 мм:
а – дисковые электроды; б – кривая зависимости электрической прочности от соотношения фторнитрила / CO₂ в смеси

Приведенные в данной статье результаты анализа показали, что углекислый газ и фторнитрил по своим электрофизическим и химическим свойствам способны выполнять функции электроизолирующего и дугогасящего газа, при этом не токсичны, могут быть использованы при низких температурах: углекислый газ до -60 °С, смесь углекислого газа и фторнитрила до -25 °С без использования элементов подогрева. В результате этого исчезает необходимость установки и размещения элементов подогрева, снижается величина энергопотребления на собственные нужды в условиях размещения электрооборудования в регионах с низкими рабочими температурами.

Список литературы

1. Федеральный закон от 4.11.2004 № 128-ФЗ «О ратификации Киотского протокола к рамочной конвенции организации объединенных наций об изменении климата» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/110480/> (дата обращения: 29.10.2014).
2. Fundamental Properties of CO₂ Gas as an Arc Quenching Medium and Thermal interruption performance of full-scale GCB Model / Uchii T., Kawano H., Nakamoto T., Mizoguchi H. // IEE-J Trans. B. 2004. Vol. 124. N 3. P. 469–475.
3. Fundamental research on SF₆ free Gas Insulated Switchgear adopting CO₂ gas and its mixtures / T. Uchii, Y. Hoshina, H. Kawano, K. Suzuki, T. Nakamoto // Proceedings of International Symposium on Eco Topia Science. 2007. P. 1296–1299.
4. CO₂ Circuit Breaker Arc Model for EMTP Simulation of SLF Interrupting Performance / K. Udagawa, T. Koshizuka, T. Uchii, T. Shinkai, H. Kawano // International Conference on Power Systems Transients (IPST 2011). Delft (the Netherlands), 2011. June 14–17 [Электронный ресурс]. URL: http://ipstconf.org/papers/Proc_IPST2011/11IPST037.pdf (дата обращения: 29.10.2014).
5. SF₆ Alternative development for high voltage switchgears / Y. Kieffel, A. Girodet, F. Biques, Ph. Ponchon (Alstom Grid, France), J. Owens, M. Costello, M. Bulinski, R. Van San, K. Werner (3M Company, USA, Belgium) // CIGRE 2014: Conference paper D1-305. Paris, 2014 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cigre.org> (дата обращения: 29.10.2014).

УДК 66.067.1

Шаймуллина Э. А.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
sh.elmira@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРИСТОГО СЛОЯ ТКАНЕВОГО ФИЛЬТРА НА ОСНОВЕ CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ

Технический прогресс и бурное развитие промышленности, энергетики, сельского хозяйства последнего времени сопровождались резким увеличением загрязняющих веществ в атмосфере. По оценкам специалистов [1] в настоящее время промышленностью и транспортом в атмосферу планеты ежедневно вы-