



Министерство энергетики Российской Федерации
ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический
институт повышения квалификации» (ПЭИПК)



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Основан в 1918 г.



НОВЫЕ МЕТОД



45 Сессии CIGRE, Париж, 2014
SC D1 «Материалы и новые методы контроля»

Ярмаркин Михаил Кириллович
Зав.кафедрой ЭЭС ПЭИПК, к.т.н., доцент
eesp@peipk.spb.ru



Темы деятельности SC D1 «Материалы и новые методы контроля»



- новые и существующие материалы для электротехнологий;
- методы диагностики и соответствующие методические указания
- новые методы испытаний, которые, как ожидается, могут оказать заметное влияние на развитие энергосистем в среднесрочной или долгосрочной перспективе



Преимущественные направления работы SC D1 на 2014 год «Материалы и новые методы контроля»



- 1) Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения
 - свойства материалов
 - распределение объёмных и поверхностных зарядов
 - длительная эксплуатация

- 2) Новые методы испытаний и средства диагностики
 - ультравысокое постоянное и переменное напряжение
 - учёт атмосферных условий и высоты над уровнем моря, тяжёлые метеорологические условия
 - разработка рекомендаций по применению новых методов диагностики и испытания

- 3) Свойства и возможности применения новых материалов
 - материалы для выравнивания электрического поля
 - экологичные материалы
 - сверхпроводники.



- **30 докладов SC D1 опубликованы в трудах сессии CIGRE:**
- По направлению «Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения» **4 доклада**
- По направлению «Новые методы испытаний и средства диагностики» **17 докладов**
- По направлению «Свойства и возможности применения новых материалов» **9 докладов**

В дискуссионном заседании приняли участие 160 делегатов

- **36 предварительно подготовленных выступления на дискуссионном заседании**
- **65 незапланированных выступлений, вопросы и комментарии**



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SC D1, направление 1: Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

D1-103

CIGRE 2014

Solid Insulation in DC Gas-Insulated Systems

Твёрдая изоляция для газозолированных устройств постоянного напряжения.

R. GREMAUD, F. MOLITOR
C. DOIRON, T. CHRISTEN,
U. RIECHERT, U. STRAUMANN
ABB Switzerland Ltd.
Switzerland

B. KÄLLSTRAND, K. JOHANSSON
O. HJORTSTAM
ABB AB
Sweden

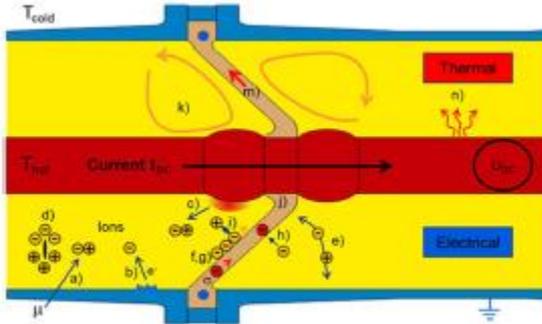


Figure 1 Important effects (and quantities) for the insulation design of a DC GIS. (i)

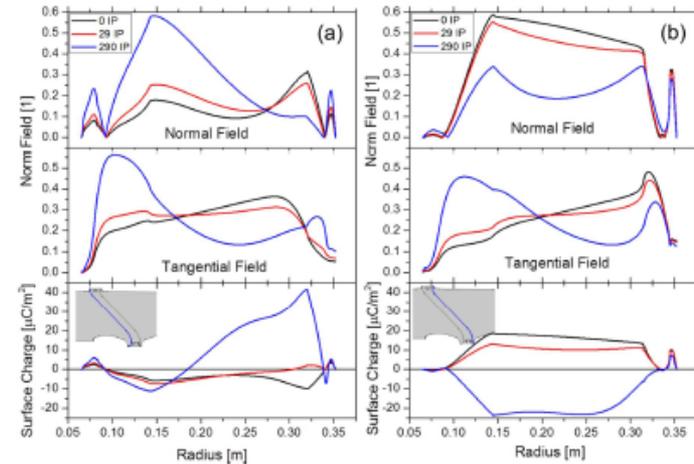


Figure 4 Conical insulator: surface charge and field. (a),(b) Top 2 panels: normal and tangential field components (gas side) for both solid-gas surfaces of the conical insulator; Bottom panel: corresponding surface charge; All for 0, 29 (Natural ionization rate) and 290 IP/cm³/s ion pair generation rates.

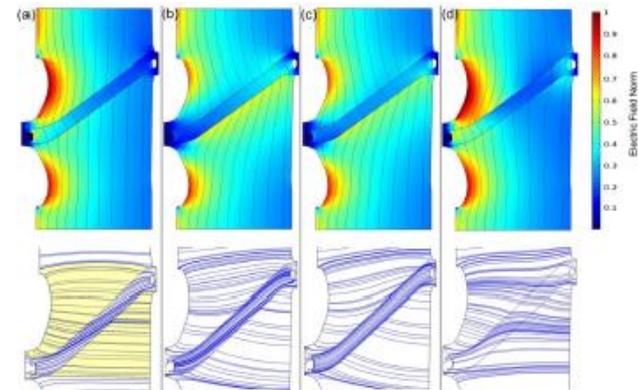


Figure 3 Electric field for conical insulator. Top: Field distribution and equipotential lines for a conical insulator; Bottom: Field lines (yellow filled area: ion capture volume) at 330 kV for (a) capacitive, (b) DC, 10^{21} S/m residual gas conductivity, 0 IP/cm³/s, (c) DC, 29 IP/cm³/s (ions from natural ionization), (d) DC, 290 IP/cm³/s (10x natural ionization). 20K temperature gradient on insulator surface, DC conductivity of the alumina/epoxy insulator from Figure 2.



SC D1, направление 1: Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
<http://www.cigre.org>

D1-104

CIGRE 2014

CHARACTERISTICS OF CANDIDATE MATERIAL SYSTEMS FOR NEXT GENERATION EXTRUDED HVDC CABLES

Характеристики возможных материалов для следующего поколения высоковольтных кабелей постоянного напряжения с экструдированной изоляцией

V. ENGLUND, J. ANDERSSON, J.-O. BOSTRÖM, V. ERIKSSON, P.-O. HAGSTRAND, J. JUNGQVIST, W. LOYENS, U. H. NILSSON, A. SMEDBERG
Borealis AB
Sweden

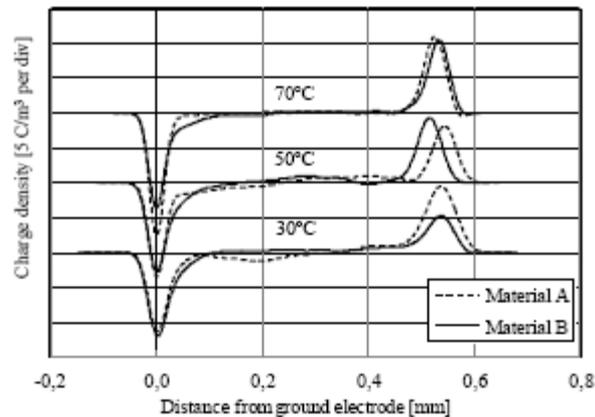


Figure 4. Space charge density of Material A and B at three different measurement temperatures.

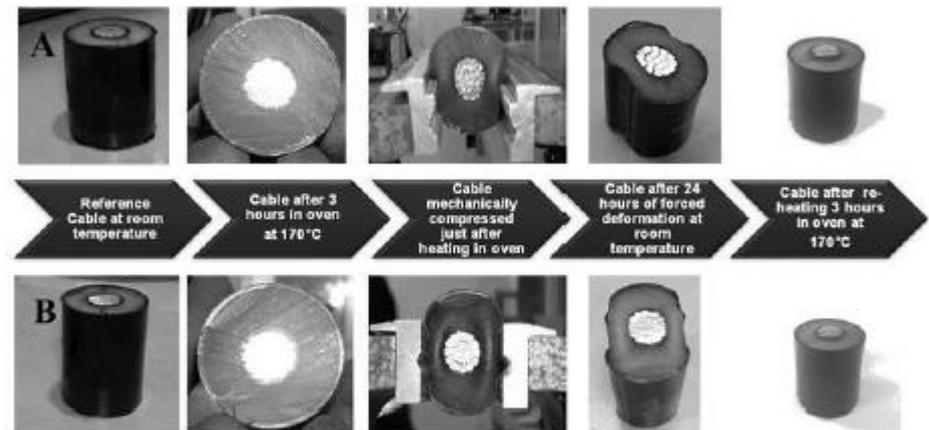


Figure 7. Thermal memory effect for Material A on the top row and Material B in the bottom row.



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SC D1, направление 2: Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения



21 rue d'Artois, F-75008 PARIS
<http://www.cigre.org>

D1_207_2014

CIGRE 2014

Cavitation process diagnostics in high-voltage oil-filled electrical equipment

Диагностика процессов кавитации в
высоковольтном маслонаполненном оборудовании.

LEONID A. DARIAN
CJSC "Technical inspection UES"
Russia

Gases concentration, ppm								
H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂
Methods of results interpretation								
Doernenburg	Rogers	IEC 60599	Key gas method	Nomograph	Duval's Triangle			



- 1 – ultrasonic generator
- 2 – plunger with piezoceramic component
- 3 – syringe with 3 way valve

В 50% случаев существующие методы не идентифицируют наличия кавитации в трансформаторном масле



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SC D1, направление 2: Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

D1_210_2014

CIGRE 2014

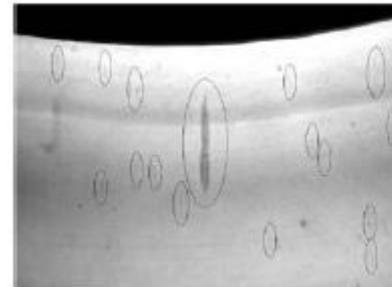
Fundamental Study on Detection Method of Residual Charge from Water Tree Degraded XLPE Cables with Pulse Voltage

Фундаментальное исследование метода остаточного заряда при импульсном напряжении в кабелях с полиэтиленовой изоляцией при наличии водных трингов

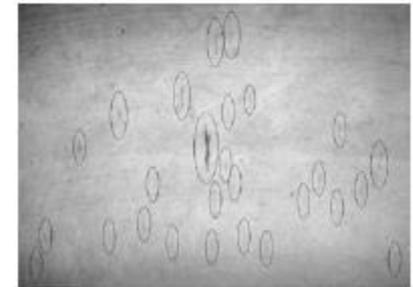
T. KURIHARA
CRIEPI
K. UCHIDA
Chubu Electric Power Co.

T. OKAMOTO
CRIEPI
M. H. KIM
Toyohasi University
of Technology
Japan

T. TSUJI
Chubu Electric Power Co.
N. HOZUMI
Toyohasi University
of Technology



0.5 mm



0.5 mm

Figure 1. Examples of observed bow-tie water trees in the removed cable

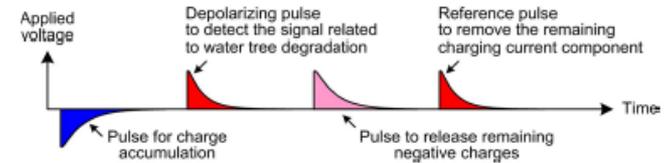
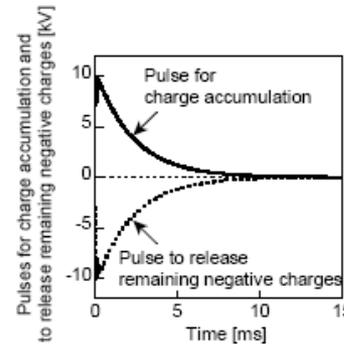
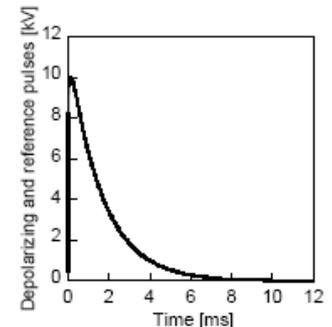


Figure 3. Schematic diagram of sequence of applied voltages



(a) Pulse voltage for charge accumulation and pulse to release remaining negative charges



(b) Depolarizing and reference pulse voltages

Figure 4. Waveforms of the pulse voltage applied to the removed cable

Используя импульсы миллисекундной длительности удалось уменьшить уровень регистрируемого остаточного заряда до 10 нКл, то есть приблизительно в десять раз по сравнению с существующими методами.



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SC D1, направление 2: Электроизоляционные системы при воздействии постоянного напряжения



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

D1-216 CIGRE 2014

Dielectric characteristics of winding in oil filled transformer using Turn-to-Turn and Section-to-Section insulation model

Описание электрических характеристик обмоток маслонаполненных трансформаторов на базе моделирования межвитковой и межсекционной изоляции.

Y. J. LEE⁺, J. H. LEE⁺, I. J. SEO⁺, J. Y. KOO⁺,
S. J. CHO⁺⁺, Y. H. KIM⁺⁺, B. Y. SEOK⁺⁺

⁺Hanyang University, ⁺⁺ Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
The Republic of Korea

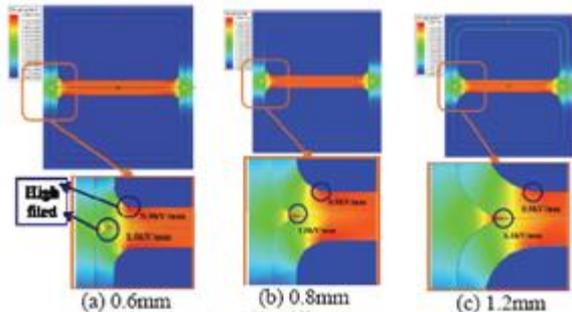
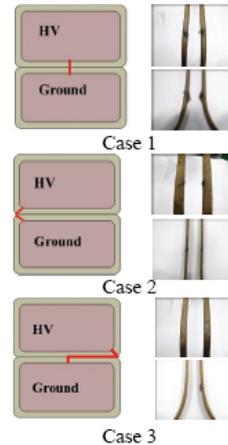
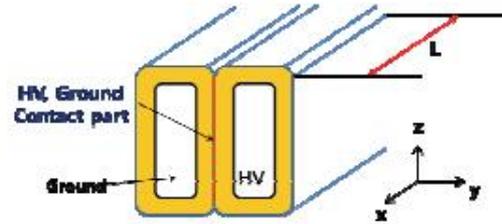


Figure 4. Field distributions for different conductor edge roundness



(a) Group of breakdown path



(a) Long winding design

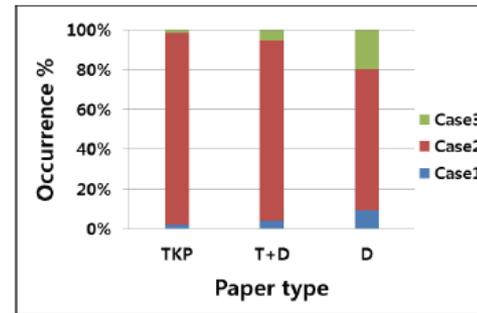


(b) 3m winding



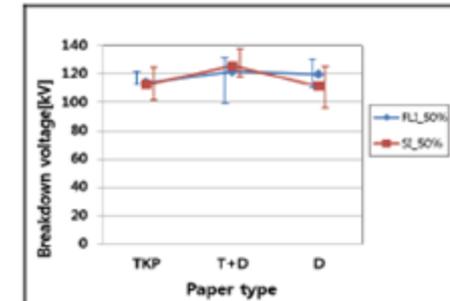
(c) 15m winding

Figure 2. Test model for long winding.

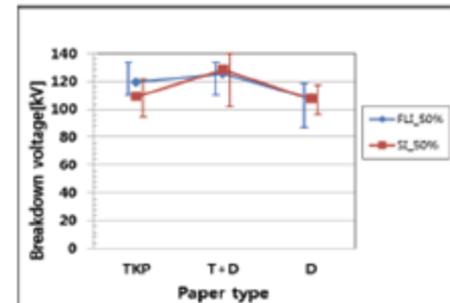


(b) Occurrence % of breakdown path

Figure 5. Analysis of breakdown paths in Turn-to-Turn model



(a) Roundness: 0.6mm, Thickness: 0.6mm



(b) Roundness: 1.2mm, Thickness: 0.6mm

Figure 6. V_{BD} of model under lightning and switching impulse (TKP, T+D, D)



SC D1, направление 3: Свойства и возможности применения новых материалов



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

D1-305

CIGRE 2014

SF₆ ALTERNATIVE DEVELOPMENT FOR HIGH VOLTAGE SWITCHGEARS

Замена элегаза в высоковольтных выключателях

Y. KIEFFEL, A. GIRODET,
F. BIQUEZ, Ph. PONCHON

ALSTOM GRID, FRANCE

J. OWENS, M. COSTELLO,
M. BULINSKI, R. VAN SAN*,
K. WERNER
3M COMPANY, USA, (*) BELGIUM

The breakdown voltages of the Fluoronitrile and SF₆ were measured versus pressure according to ASTM D877, using disk electrodes with a 2.5 mm gap, see Fig. 2.

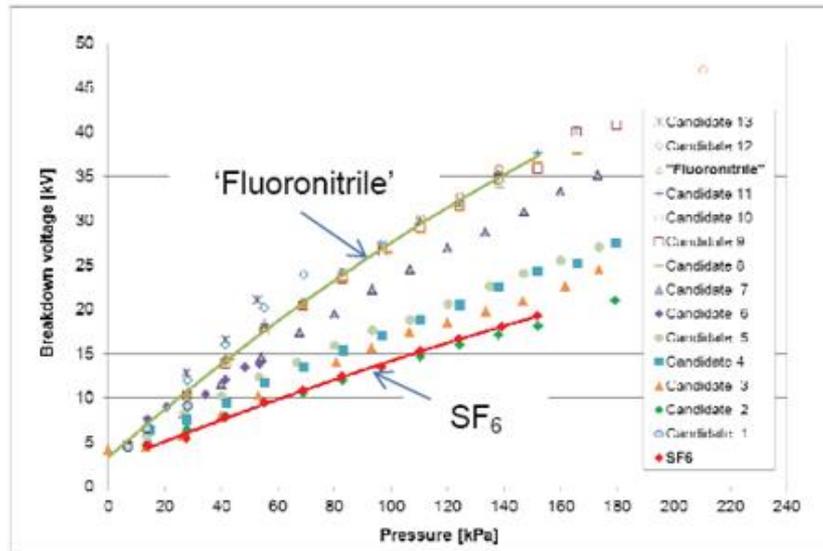
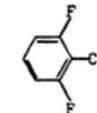


Fig. 2: Breakdown voltages of Fluoronitrile and SF₆.

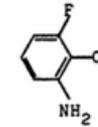
a) le difluoro-2,6 benzonitrile de la formule



(II)

avec l'ammoniac, puis, le cas échéant,

b) le nitrile de l'acide fluoro-6 anthranilique formé, de la formule



(III)

www.google.com/patents/EP0053247B1?cl=fr



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SC D1, направление 3: Свойства и возможности применения новых материалов



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
<http://www.cigre.org>

D1-305

CIGRE 2014

SF₆ ALTERNATIVE DEVELOPMENT FOR HIGH VOLTAGE SWITCHGEARS

Замена элегаза в высоковольтных выключателях

Y. KIEFFEL, A. GIRODET,
F. BIQUEZ, Ph. PONCHON

ALSTOM GRID, FRANCE

J. OWENS, M. COSTELLO,
M. BULINSKI, R. VAN SAN*,
K. WERNER
3M COMPANY, USA, (*) BELGIUM

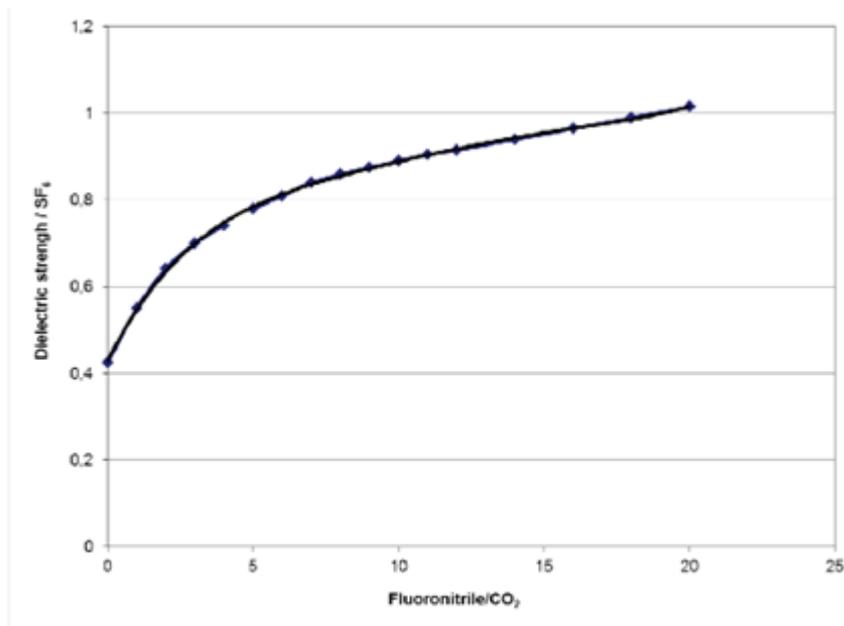


Fig. 4: Dielectric strength master curve for Fluoronitrile/CO₂ mixtures.



SC D1, направление 3: Свойства и возможности применения новых материалов



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

D1-309-2014

CIGRE 2014

Electric Field Grading Techniques in Power Apparatus Using Functional Materials

Технологии распределения электрического поля в силовых аппаратах с применением специальных материалов.

N. HAYAKAWA Nagoya University
K. KATO Niihama National College of Tech.
H. OKUBO Aichi Institute of Tech.

H. HAMA Mitsubishi Electric Corp.
Y. HOSHINA Toshiba Corp.
T. ROKUNOHE Hitachi Ltd.

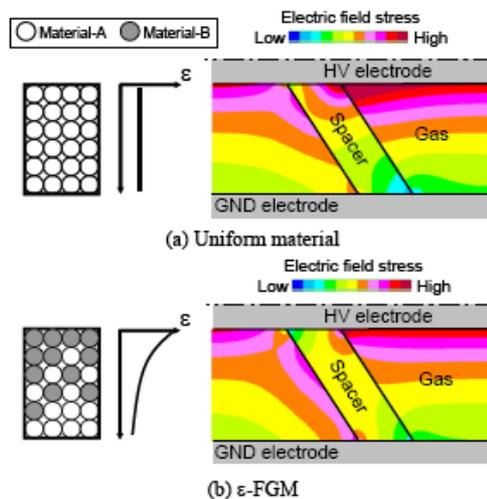
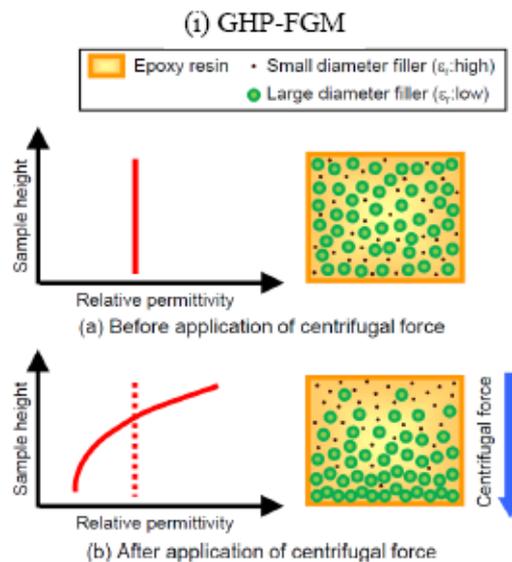
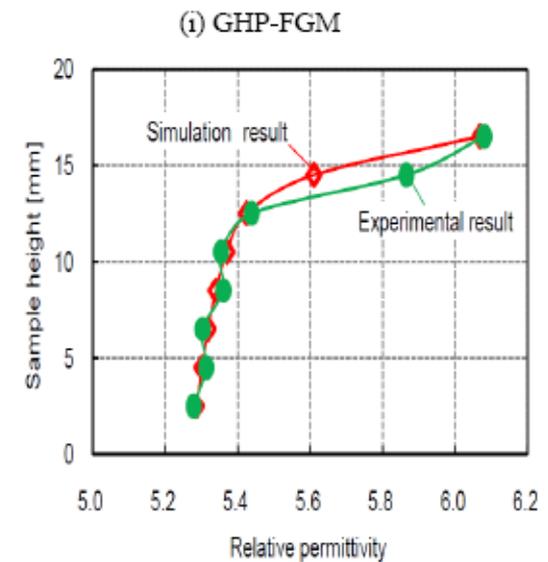


Figure 1. Concept of ϵ -FGM



(ii) GLP-FGM



(ii) GLP-FGM



Electric Field Grading Techniques in Power Apparatus Using Functional Materials

Технологии распределения электрического поля в силовых аппаратах с применением специальных материалов.

N. HAYAKAWA Nagoya University
K. KATO Niihama National College of Tech.
H. OKUBO Aichi Institute of Tech.

H. HAMA Mitsubishi Electric Corp.
Y. HOSHINA Toshiba Corp. Japan
T. ROKUNOHE Hitachi Ltd.

Table 1. Specifications of filler particles

	Relative permittivity (@1kHz)	Specific gravity [g/ml]	Mean diameter [μm]	Loading [vol%] (vs. total)	Centrifuging condition	
					Force [G]	Time [min.]
TiO ₂	114	4.2	0.672	15	4,000	30
SiO ₂	3.7	2.21	43.1	40		

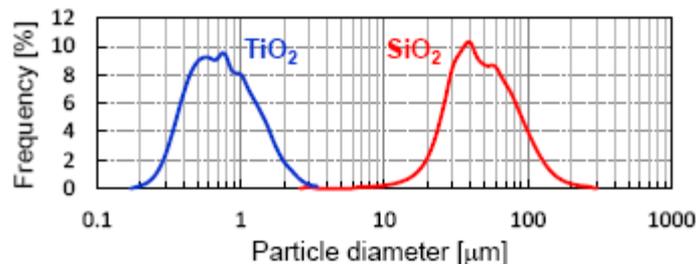
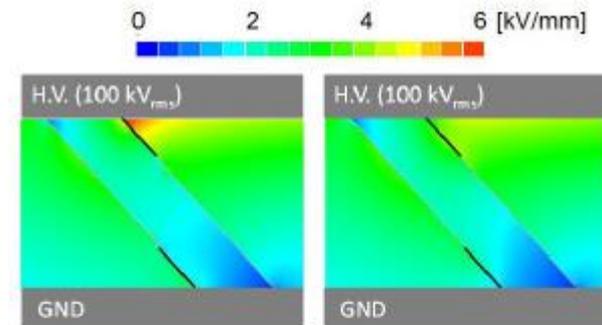


Figure 6. Particle diameter distribution



(a) $\sigma=10^{-5}$ [S/m] (b) $\sigma=5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-6}$ [S/m]

Figure 13. Electric field distribution around spacer

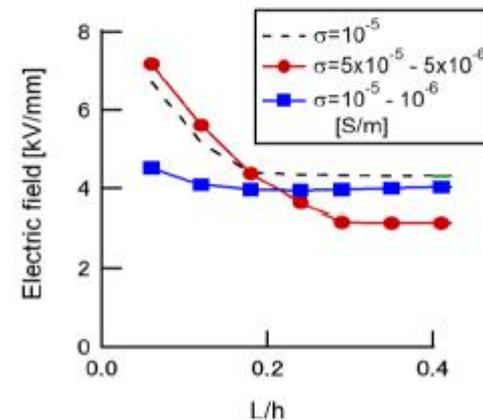


Figure 14. Electric field for different σ -grading



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

eesp@peipk.spb.ru