

# О влиянии масла марки ГК на надёжность электрооборудования

Комаров В.И. ОАО «ТГК-9»

Лушин А.Н. ОАО «Свердлоэнерго»

к.т.н. Осотов В.Н. ОАО

«Свердловэлектроремонт»

Просвирнин Д.Н. ОАО «Челябэнерго»

- Трансформаторное масло, являясь частью изоляционной системы маслонаполненного оборудования, оказывает значительное влияние на надёжность этого оборудования.
- Масло марки ГК не является исключением.
- Первые проблемы были обусловлены малой газостойкостью масла в электрическом поле, что приводило к выделению большого количества водорода и катастрофическому нарастанию давления в герметичных вводах. Газостойкость масла была повышена, но на этом проблемы не были исчерпаны.

- Примерно 20 лет назад в Иркутскэнерго при попытке смешения во вводах масел ТКП и ГК было обнаружено, что между слоями бумаги изоляционной основы образуется X-воск, что в итоге приводит к пробое изоляции ввода. Поэтому тогда это явление было связано с особыми свойствами смеси масел ТКП и ГК.
- В 1989 году в Мосэнерго повредился ввод 220 кВ масляного выключателя (зав. чертёж 2ИЭ.800.112), залитого чистым маслом ГК. В изоляционном остове ввода обнаружены следы X-воска. В дальнейшем при целевом обследовании было забраковано 48 аналогичных вводов из 90 обследованных, залитых чистым маслом ГК.

- По каким то причинам было решено, что это относится только к одной партии вводов, залитых одной партией масла, и о проблеме забыли.
- Несколько позже с этой же проблемой столкнулись в Свердловэнерго, где произошло несколько повреждений вводов 220 кВ масляных выключателей, залитых масло ГК, у которых в изоляционной основе обнаружены следы X-воска. Фрагмент изоляции со следами X-воска и очагом теплового пробоя приведен на следующем слайде.

# Отложение X-воска и очаг развития пробоя в изоляционном остове ввода 220 кВ



# Исходные положения для разработки системы диагностирования вводов с X-воском

1. Отложения X-воска приводят к ухудшению отвода тепла, появлению локальных перегревов и развитию местных очагов пробоя. Это приводит к появлению в масле газов разложения: на начальном этапе характерных для термических дефектов, а в дальнейшем характерных для электрических разрядов.
2. Появление X-воска и очагов развития пробоя приводит к увеличению диэлектрических потерь, возрастающих при увеличении измерительного напряжения.
3. Длительность развития теплового пробоя достаточно велика (9-12 месяцев).

# Результаты ХАРГ масла из вводов 220 кВ с X-воском

Зав. черт.	Год изг.	Содержание газов (ppm)							tg 1 (%)
		CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	H <sub>2</sub>	CO	
112	1992	14359	1270	54,1	12,5	4592	28080	250	-
	1993	3904	1520	13,2	5,6	1294	25580	80	1,60
	1991	3278	640	24,6	4,2	1564	41110	60	-
090	1986	3578	1950	32,7	7,0	1764	19940	120	1,66
	1986	1160	2290	88,5	137,8	510	10970	190	1,6
	1987	2573	1440	31,6	14,0	19772	9560	120	1,65

# Зависимость tg1 изоляции вводов 220 кВ с X-воском от напряжения

Зав. чертёж	Год изгот.	Тg1 изоляции (%) при напряжении (кВ)				
		10	35	75	100	126
112	1986	1,50	2,00	2,60	2,80	3,00
	1986	1,43	1,70	2,20	2,80	2,80
	1992	0,80	0,93	1,18	1,40	1,70
090	1986	0,71	0,80	1,04	1,25	1,45
	1988	0,70	1,20	1,60	-	-
	1989	0,93	1,00	1,50	1,80	2,10
	1989	0,60	0,74	0,86	1,08	-
	1990	0,76	0,87	1,24	1,50	1,45



**Результаты ХАРГ масла из вводов ГМТБ-2200/1000 зав. черт. 086 выпуска 1983 г.  
(с X-воском)**

Газ	Зав. №	Этапы обследования							
		обследование в эксплуатации		ремонт без сушки			ремонт с сушкой		
				до осмотра	пос. рем.	после испыт.	до испыт.	после испыт.	повтор
		30.07.02	15.02.05	16.02.05	23.03.05	30.03.05	06.05.05	06.05.05	13.05.05
Содержание газов (ppm)									
CH <sub>4</sub>	T-13896	14,0	287	1127	3,3	8,3	24,6	23,2	24,0
	T-13510	88,9	19794	19065	37,2	142	300	276	310
CO <sub>2</sub>	T-13896	1364	344	485	74,0	96,0	125	133	149
	T-13510	2821	988	857	88,0	131	171	187	206
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	T-13896	5,1	0,2	0,9	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2
	T-13510	48,3	6,8	6,7	1,5	0,9	1,0	0,8	0,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	T-13896	-	-	-	-	0,8	0,2	след	0,2
	T-13510	0,7	0,5	0,5	-	0,3	0,3	0,2	0,1
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	T-13896	3,1	11,8	34,8	0,6	1,1	3,0	2,4	3,0
	T-13510	12,0	966	940	9,6	53,0	75,2	74,4	82,6
H <sub>2</sub>	T-13896	15,0	1662	1368	64,0	282	965	908	823
	T-13510	30,0	4075	4374	181	618	1833	1471	1474
CO	T-13896	292	30,0	46,0	3,0	4,0	6,0	6,0	8,0
	T-13510	635	38,0	40,0	4,6	8,6	13,0	12,0	17,0

# Результаты измерения диэлектрических характеристик изоляции вводов ГМТБ-220/1000 зав. черт. 086 выпуска 1983 г. (с X-воском)

характеристика	зав. №	Значение характеристики при напряжении (кВ)										
		на подъёме напряжения					1 мин	при снижении напряжения				
		10	35	76	151	214		214	151	76	35	10
tg1 (%)	T-138 96	<b>0,46</b>	<b>0,50</b>	<b>0,55</b>	<b>0,58</b>	<b>0,60</b>	-	<b>0,61</b>	<b>0,60</b>	<b>0,57</b>	<b>0,52</b>	<b>0,47</b>
	T-135 10	<b>0,59</b>	<b>0,63</b>	установка отключается действием защит								
C1 (пФ)	T-138 96	<b>332</b>	<b>332</b>	<b>389</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	-	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>390</b>
	T-135 10	406,6	406,6	установка отключается действием защит								

# Результаты осмотра вводов ГМТБ-220/1000 зав. черт. 086 выпуска 1983 г. (с X-воском)

Ввод № 13896	Ввод № 13510
<ul style="list-style-type: none"><li>• Внутренние поверхности фарфоровых покрышек чистые, жёлтый налёт отсутствует</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Внутренние поверхности фарфоровых покрышек чистые, жёлтый налёт отсутствует</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Поверхность изоляционного остова чистая, следов разрядов нет</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Поверхность изоляционного остова чистая, следов разрядов нет</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Сильфонные узлы исправны</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Сильфонные узлы исправны</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• На разрезных металлических фланцах прессующих устройств в местах касания прессующих винтов имеется небольшой черный налёт</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• На разрезных металлических фланцах прессующих устройств в местах касания прессующих винтов имеется небольшой черный налёт</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• На ближайших к токоведущей трубе слоях бумаги по всей высоте изоляционного остова имеются отложения X-воска и продукты разложения масла в виде вязкой чёрной мссы</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• На ближайших к токоведущей трубе слоях бумаги по всей высоте изоляционного остова имеются отложения X-воска и следы частичных разрядов на <math>\frac{1}{4}</math> высоты остова</li></ul>

## Результаты обследования трансформаторов тока ТФЗМ-110Б-У1, залитых маслом марки ГК

характеристика		Значение характеристики				
<b>Заводской №</b>		<b>9876</b>	<b>49455</b>	<b>49446</b>	<b>49421</b>	<b>49482</b>
<b>год выпуска</b>		<b>01.01.95</b>	<b>01.01.98</b>	<b>01.01.98</b>	<b>01.03.98</b>	<b>01.03.98</b>
<b>год установки</b>		<b>1996</b>	<b>2002</b>	<b>2002</b>	<b>2002</b>	<b>2002</b>
<b>дата контроля</b>		<b>26.04.06</b>	<b>10.07.07</b>	<b>10.07.07</b>	<b>03.07.07</b>	<b>03.07.07</b>
<b>tg1 (%)</b> <b>при</b> <b>напр.</b>	<b>10 кВ</b>	<b>0,40</b>	<b>0,48</b>	<b>0,40</b>	<b>0,80</b>	<b>0,58</b>
	<b>75 кВ</b>	<b>2,55</b>	<b>2,49</b>	<b>2,60</b>	<b>3,30</b>	<b>2,52</b>
<b>H2</b>	<b>ppm</b>	<b>3956</b>	<b>2280</b>	<b>1578</b>	<b>5327</b>	<b>2403</b>
<b>CH4</b>		<b>2333</b>	<b>841</b>	<b>758</b>	<b>1254</b>	<b>530</b>
<b>C2H6</b>		<b>2500</b>	<b>383</b>	<b>3005</b>	<b>579</b>	<b>282</b>
<b>C2H4</b>		<b>0,90</b>	<b>1,10</b>	<b>1,00</b>	<b>3,40</b>	<b>2,00</b>
<b>C2H2</b>		<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>CO</b>		<b>29,0</b>	<b>38,0</b>	<b>35,3</b>	<b>90,2</b>	<b>78,6</b>
<b>CO2</b>		<b>449</b>	<b>948</b>	<b>651</b>	<b>972</b>	<b>880</b>
<b>CxHy</b>		<b>4834</b>	<b>1225</b>	<b>1064</b>	<b>1837</b>	<b>814</b>

# Воскообразные отложения на слоях бумажной изоляции трансформатора тока ТФЗМ-110



# Выводы

- При сохранении нормированных НТД показателей качества масла марки ГК может быть источником образования X-воска в бумажной изоляции почти всех видов высоковольтного оборудования.
- Эффективным способом обнаружения дефектов, связанных с образованием X-воска, является снятие ионизационной характеристики (зависимость тангенса угла потерь от напряжения) в сочетании ХАРГ масла.
- Необходимо целенаправленное изучение причин выделения X-воска из масла марки ГК для выработки рекомендаций по совершенствованию технологии его изготовления и методов оценки его качества, исключающих возможность выпуска с завода масла, склонного к образованию X-воска.

Спасибо за внимание

