

М.И. Баранов, В.О. Лысенко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПРИ ПРЯМОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НИХ БОЛЬШИХ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ ИСКУССТВЕННОЙ МОЛНИИ

Надані результати виконаних натурних експериментів по електродинамічному руйнуванню дослідних зразків "живої" і "мертвої" деревини сосни, що випробовують пряму дію сильноточного плазмового каналу іскрового розряду з великим імпульсним струмом штучної блискавки.

Приведены результаты выполненных натурных экспериментов по электродинамическому разрушению опытных образцов "живой" и "мертвой" древесины сосны, испытывающих прямое воздействие сильноточного плазменного канала искрового разряда с большим импульсным током искусственной молнии.

ВВЕДЕНИЕ

Для прогнозирования поведения при прямом ударе молнии (ПУМ) строительных деревянных элементов (траверс, стоек и др.) опор воздушных линий электропередачи (ЛЭП) и деревянных клееных конструкций (ДКК), определяющих несущую способность и изоляционные свойства ряда объектов высоковольтной импульсной техники (ВИТ) [1, 2], и дальнейшего изучения физико-механических процессов при ПУМ в деревянные насаждения парков и лесов [3] требуются как расчетные, так и опытные данные по электродинамической стойкости в воздушной атмосфере "живой" (растущей) и "мертвой" (срезанной) древесины различных пород к действию на нее больших импульсных токов (БИТ) линейной молнии. В настоящее время в области электроэнергетики и ВИТ вопросы, связанные со стойкостью указанной древесины к ПУМ, характеризующемуся протеканием в его плазменном канале искрового разряда импульсного тока амплитудой в десятки (сотни) килоампер при его длительности в десятки (сотни) микросекунд [4], исследованы слабо и недостаточно полно для подготовки и выдачи специалистам нормативно-технических и ремонтно-эксплуатационных служб соответствующих практических рекомендаций. Поэтому изучение механизмов разрушения при ПУМ "живой" и "мертвой" древесины хвойных пород, из которой обычно изготавливаются опоры ЛЭП и ДКК объектов ВИТ, и определение ее электродинамической стойкости к действию протекающих по ней БИТ, сопровождающих ПУМ в ее пористую структуру с трахеидами, заполненными в зоне камбия для "живой" древесины восходящими (нисходящими) соками (жидкими электролитами), а для "мертвой" древесины на ее периферии водосодержащими составами [2, 5], являются актуальными научно-техническими задачами в области техники и электрофизики высоких напряжений, больших токов, сильных электрических и магнитных полей.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ РАЗРУШЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ ИСКУССТВЕННОЙ МОЛНИИ

Полагаем, что в качестве испытываемых опытных образцов у нас будут выступать образцы "живой" и "мертвой" древесины сосны, размеры которых опреде-

ляются объемом имеющейся древесины и техническими возможностями высоковольтной испытательной установки, сильноточная разрядная цепь которой построена на основе генератора импульсной А-компоненты тока искусственной молнии (генератора импульсного тока ГИТ-А) [4, 6]. Пусть наружный диаметр опытных образцов древесины составляет $d_{\text{П}}=100$ мм, а их высота равна $h_{\text{П}}=50$ мм. Образцы "живой" древесины будем изготавливать на токарном станке из свежесрезанной непосредственно перед испытаниями сосны диаметром около 104 мм, а образцы "мертвой" древесины – из пролежавшего не менее шести месяцев в закрытом помещении при комнатной температуре ствола сосны аналогичного диаметра. Принимаем, что опытные образцы 2 древесины сосны в процессе электродинамических испытаний размещаются и жестко закрепляются в двухэлектродной системе (ДЭС) генератора ГИТ-А, состоящей из верхнего круглого массивного медного электрода 1 и нижнего плоского массивного алюминиевого электрода 4 размером $0,5 \times 0,5$ м² (рис. 1). Для ввода сильноточного плазменного канала разряда от генератора ГИТ-А внутрь опытных образцов используем тонкий электрически взрывающийся проводник (ЭВП) 3 из меди.

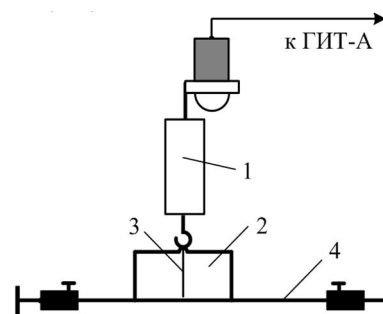


Рис. 1. Схематическое изображение ДЭС с опытным образцом древесины сосны в разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А для получения импульсной А-компоненты тока искусственной молнии (1 – верхний круглый массивный медный электрод ДЭС; 2 – круглый опытный образец древесины сосны; 3 – тонкий медный ЭВП; 4 – нижний плоский массивный алюминиевый электрод ДЭС)

Данный тонкий медный ЭВП (диаметром $d_{\text{П}}=0,2$ мм и длиной $l_{\text{П}}=50$ мм) будем размещать на периферии испытываемых опытных образцов древесины в

специально просверленном для него круглом продольном отверстии диаметром $d_0=3$ мм и длиной $l_0=50$ мм. На рис. 2 показан внешний вид размещения и закрепления в ДЭС генератора ГИТ-А опытного образца древесины сосны с принятыми габаритными размерами, а на рис. 3 – внешний вид самих испытываемых круглых образцов из "живой" и "мертвой" древесины сосны со сквозными отверстиями ($d_0=3$ мм и $l_0=50$ мм) на их периферии под размещение в них тонкого медного ЭВП, отстоящими по радиусу от боковой поверхности исследуемых образцов на расстоянии, равном 5 мм.

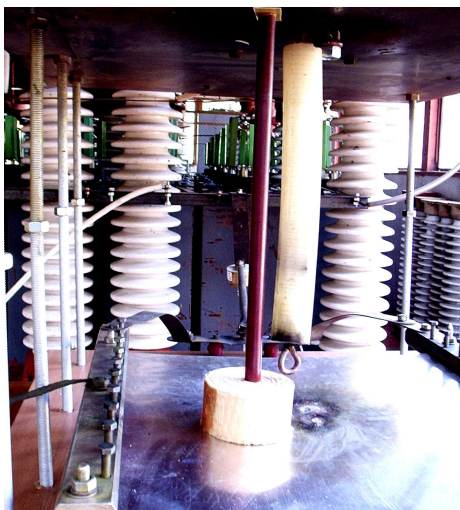


Рис. 2. Внешний вид перед испытанием ДЭС в разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А с жестко закрепленным в ней круглым испытательным образцом древесины сосны наружным диаметром $d_H=100$ мм и высотой $h_H=50$ мм

На рис. 4 приведена электрическая схема разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А, примененного нами при электродинамических испытаниях опытных образцов древесины сосны. В состав данной схемы генератора ГИТ-А входит генератор высоковольтных поджигающих импульсов (ГВПИ) на рабочее напряжение ± 100 кВ для запуска коммутатора F_1 .



Рис. 3. Внешний вид испытываемых цилиндрических опытных образцов "живой" (слева – вид "а") и "мертвой" (справа – вид "б") древесины сосны наружным диаметром $d_H=100$ мм и высотой $h_H=50$ мм с круглым сквозным отверстием на их периферии (диаметром $d_0=3$ мм и длиной $l_0=50$ мм) под вертикальную установку в него тонкого медного ЭВП

Основные собственные электрические параметры разрядной цепи генератора ГИТ-А (без учета параметров ДЭС) согласно рис. 4 имели следующие численные

значения [6, 7]: $C_A=333$ мкФ; $L_A=2,5$ мкГн; $R_A=0,057$ Ом; $L_T=0,4$ мкГн; $R_T=0,03$ Ом. При длине 0,36 м верхнего 1 медного электрода ДЭС величина индуктивности L_D будет примерно равной 0,41 мкГн. Активное сопротивление сплошной медной жилы диаметром 6,6 мм данного электрода ДЭС составляет 0,2 мОм, что позволяет пренебрегать его влиянием на электромагнитные процессы в разрядной цепи генератора ГИТ-А. Значение активного сопротивления R_D будет определяться электродинамическими процессами в плазменном канале искрового разряда, образуемом после наступления явления электрического взрыва тонкого медного ЭВП 3 ($d_{П}=0,2$ мм; $l_{П}=50$ мм), размещенного в сквозном продольном отверстии ($d_0=3$ мм; $l_0=50$ мм) испытываемого опытного образца "живой" или "мертвой" древесины сосны. Разделительная емкость C_P в схеме на рис. 4 принята равной 180 пФ.

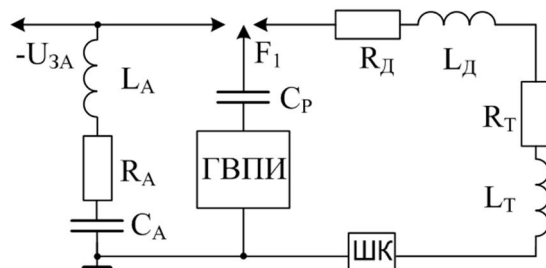


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема сильноточной разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А с ГВПИ и измерительным шунтом ШК, используемой при формировании на электрической нагрузке (на размещенном внутри опытного образца древесины сосны тонком медном ЭВП) и сопротивлениях рабочего стола ГИТ-А (R_T и L_T) импульсной A - компоненты тока искусственной молнии [6, 7]

Полярность зарядного напряжения U_{3A} мощного емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) генератора ГИТ-А (см. схему на рис. 4), как и полярность первых полуволн импульсного тока (однонаправленно движущихся зарядов в токовом канале при ПУМ) большинства линейных молний в воздушной атмосфере, выбиралась отрицательной, а его величина определялась условиями экспериментов. При измерении амплитудно-временных параметров (АВП) импульсных токов микросекундного временного диапазона, протекающих через тонкий медный ЭВП и соответственно вдоль полых микротрахей пористой макроскопической структуры опытных образцов древесины, был применен метрологически поверенный коаксиальный шунт (ШК) типа ШК-300, имеющий для импульсной A - компоненты тока искусственной молнии коэффициент преобразования, равный $K_A=11261$ А/В [6, 8].

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО РАЗРУШЕНИЮ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ ИСКУССТВЕННОЙ МОЛНИИ

На рис. 5 представлены результаты воздействия импульсной A - компоненты тока искусственной молнии на опытный образец "живой" древесины сосны при зарядном напряжении генератора ГИТ-А, равном $U_{3A}=-10$ кВ. На рис. 6 приведена осциллограмма протекающего в этом случае по тонкому медному ЭВП и

опытному образцу "живой" древесины сосны разрядного тока генератора ГИТ-А, полученная при помощи измерительного шунта типа ШК-300 и цифрового запоминающего осциллографа типа Tektronix TDS 1012 (масштаб по вертикали – 2 В/клетка; масштаб по горизонтали – 50 мкс/клетка). Согласно данным рис. 6 первая (наибольшая) отрицательная амплитуда имитированного в полевых лабораторных условиях импульсного тока молнии принимает значение, численно равное примерно $I_{mA}=5,84 \text{ В} \times 11261 \text{ А/В}=65,7 \text{ кА}$. Отметим, что согласно рис. 6 этой токовой амплитуде I_{mA} соответствует время, равное $t_{mA}=34 \text{ мкс}$. Из данных рис. 5 видно, что при указанных значениях U_{3A} и I_{mA} происходит локальное разрушение испытываемого круглого деревянного образца из сосны. Проведенные эксперименты показали, что при меньших значениях зарядного напряжения U_{3A} ЕНЭ генератора ГИТ-А и соответственно первых амплитуд I_{mA} импульсной А-компоненты тока искусственной молнии разрушений (раскалывания) пористой структуры образцов "живой" древесины сосны не наблюдается. Кроме того, на рис. 5 рядом с опытным образцом испытываемой древесины хорошо виден оплавленный "след" (диаметром около $d_{A1}=46 \text{ мм}$) от воздействия на горизонтально расположенный нижний плоский алюминиевый электрод 4 ДЭС толщиной 2 мм плазменного канала искрового разряда с указанными АВП протекающего по нему импульсного тока искусственной молнии.



Рис. 5. Внешний вид нижней части ДЭС разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А, зоны разрушения и отдельных расколотых током молнии элементов опытного образца "живой" древесины сосны диаметром $d_H=100 \text{ мм}$ и высотой $h_H=50 \text{ мм}$ при $U_{3A}=-10 \text{ кВ}$ и $I_{mA}=65,7 \text{ кА}$

На рис. 7 для сравнения с данными, соответствующими на рис. 6 АВП разрядного тока генератора ГИТ-А при локальном разрушении опытного образца

"живой" древесины сосны, приведена осциллограмма импульсной А-компоненты тока искусственной молнии в силовоточной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А по схеме рис. 4, разряжающегося только на размещенный в воздухе тонкий медный ЭВП 3 без наличия в ДЭС опытного образца 2 древесины сосны.

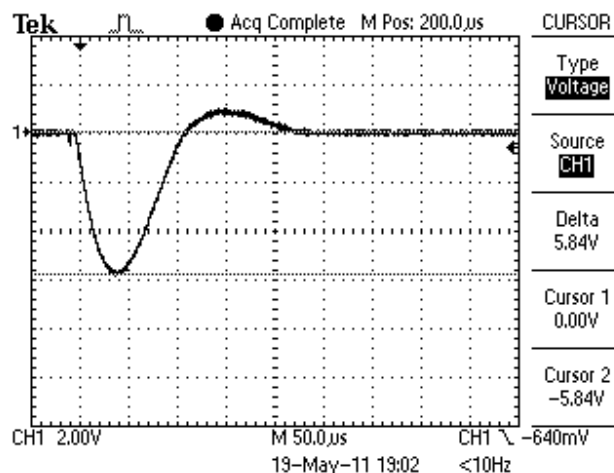


Рис. 6. Осциллограмма импульсной А-компоненты тока искусственной молнии при силовоточном разряде высоковольтного генератора ГИТ-А на тонкий медный ЭВП (диаметром $d_H=0,2 \text{ мм}$ и длиной $l_H=50 \text{ мм}$), вертикально установленный на воздухе в отверстии (диаметром $d_0=3 \text{ мм}$ и длиной $l_0=50 \text{ мм}$) локально разрушающегося опытного образца "живой" древесины сосны наружным диаметром $d_H=100 \text{ мм}$ и высотой $h_H=50 \text{ мм}$ ($U_{3A}=-10 \text{ кВ}$; $I_{mA}=65,7 \text{ кА}$)

Расшифровка осциллограммы воздействующего на опытный образец "живой" древесины сосны разрядного тока генератора ГИТ-А (см. рис. 6) показывает, что при периоде его колебаний $T_{A1}=215 \text{ мкс}$ амплитуда второй положительной полуволны рассматриваемой компоненты тока имитированной молнии принимает численное значение 10,4 кА, а амплитуда ее третьей отрицательной полуволны – около 1,6 кА.

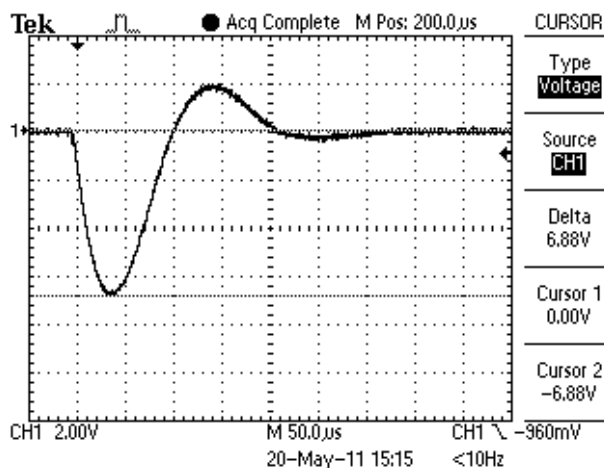


Рис. 7. Осциллограмма импульсной А-компоненты тока искусственной молнии при силовоточном разряде высоковольтного ГИТ-А на тонкий медный ЭВП (диаметром $d_H=0,2 \text{ мм}$ и длиной $l_H=50 \text{ мм}$), вертикально установленный на воздухе без опытного образца древесины сосны над горизонтально расположенным нижним плоским массивным алюминиевым электродом ДЭС ($U_{3A}=-10 \text{ кВ}$; $I_{mA}=77,4 \text{ кА}$)

В этой связи логарифмический декремент колебаний Δ_{A1} тока искусственной молнии в этом случае составит около 3,78, что при $T_{A1}=215$ мкс обуславливает численное значение коэффициента его затухания δ_{A1} , равное $17,6 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. При суммарной индуктивности L_{AC} разрядной цепи генератора ГИТ-А в 3,31 мкГн и указанном значении δ_{A1} суммарное активное сопротивление R_{AC1} данной цепи будет равным 116,4 мОм. В результате при $R_A=57$ мОм и $R_T=30$ мОм опытное активное сопротивление R_{k1} сильноточного плазменного канала искрового разряда в опытном образце "живой" древесины сосны составит величину, равную 29,4 мОм. При удельной электропроводности γ_{k1} плазмы в сильноточном канале искрового разряда, характерного для импульсной А- компоненты тока искусственной молнии и используемого нами для электродинамических испытаний рассматриваемого образца древесины сосны, приблизительно равной $1625 (\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$ [7] данному активному сопротивлению разрядного канала $R_{k1}=29,4$ мОм будет соответствовать расчетный максимальный радиус r_{k1} плазменного канала длиной $l_k=l_{\Pi}=h_{\Pi}=50$ мм внутри испытываемого круглого образца древесины сосны, составляющий согласно приведенным в [7, 9] оценочным соотношениям примерно 18,2 мм (при опытном радиусе на рис. 5 оплавленного "следа" на плоской поверхности нижнего алюминиевого электрода ДЭС под испытываемым образцом древесины примерно в $r_{A1}=23$ мм). Что касается осциллограммы разрядного тока генератора ГИТ-А, приведенной на рис. 7, то при амплитуде его первой отрицательной полуволны $I_{mA}=6,88 \text{ В} \times 11261 \text{ А/В}=77,4 \text{ кА}$ ($t_{mA}=34$ мкс) амплитуда его второй положительной полуволны равна 20,3 кА, а третьей отрицательной полуволны – 3,4 кА. Поэтому при периоде колебаний $T_{A2}=210$ мкс этой кривой разрядного тока в цепи высоковольтного генератора ГИТ-А ($U_{3A}=-10$ кВ) соответствует коэффициент его затухания δ_{A2} , равный $14,9 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$. При прежней суммарной индуктивности $L_{AC}=3,31$ мкГн разрядной цепи генератора ГИТ-А и указанном значении δ_{A2} суммарное активное сопротивление R_{AC2} в ней становится равным примерно 98,5 мОм. Такая величина R_{AC2} при $R_A=57$ мОм и $R_T=30$ мОм приводит к опытному значению активного сопротивления R_{k2} сильноточного плазменного канала искрового разряда в атмосферном воздухе (при его комнатной температуре в 20 °С), численно составляющему примерно 11,5 мОм. Из представленных выше экспериментальных данных, соответствующих опытным осциллограммам импульсного тока в сильноточных плазменных каналах искровых разрядов согласно рис. 6 и 7, следует, что размещение исследуемого круглого опытного образца "живой" древесины сосны ($d_{\Pi}=100$ мм и $h_{\Pi}=50$ мм) в ДЭС цепи разряда ЕНЭ генератора ГИТ-А приводит к внесению в нее (эту цепь) дополнительного активного сопротивления ($R_{k1}-R_{k2}=(29,4-11,5) \text{ мОм}=17,9$ мОм). При длине сильноточного плазменного канала искрового разряда в опытном образце "живой" древесины сосны, равной $l_k=l_{\Pi}=h_{\Pi}=50$ мм, этому дополнительному активному сопротивлению в цепи разряда ГИТ-А будет соответствовать его погонное активное сопротивление,

составляющее до $17,9 \text{ мОм}/50 \text{ мм}=0,36 \text{ мОм}/\text{мм}$.

На рис. 8 представлены результаты воздействия импульсной А- компоненты тока искусственной молнии на опытный образец "мертвой" древесины сосны при зарядном напряжении генератора ГИТ-А, равном $U_{3A}=-7$ кВ. Данному значению напряжения U_{3A} соответствует осциллограмма разрядного тока ГИТ-А в образце указанной древесины, приведенная на рис. 9.

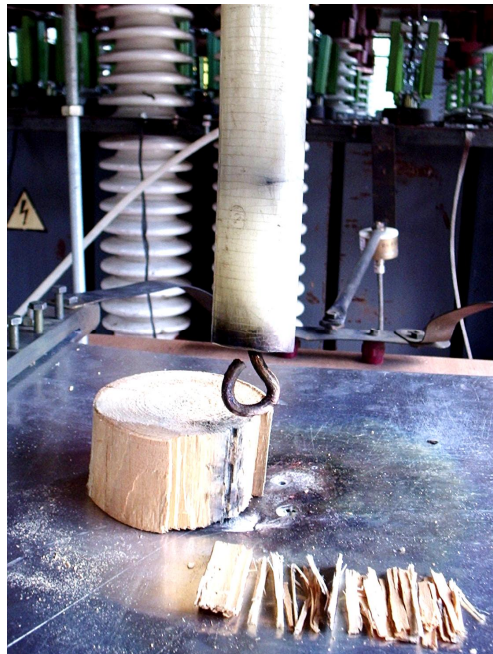


Рис. 8. Внешний вид нижней части ДЭС разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-А, зоны разрушения и отдельных расколотых током молнии элементов опытного образца "мертвой" древесины сосны диаметром $d_{\Pi}=100$ мм и высотой $h_{\Pi}=50$ мм при $U_{3A}=-7$ кВ и $I_{mA}=41,4$ кА

Выполненные нами эксперименты показали, что при меньших значениях напряжения U_{3A} опытные образцы "мертвой" древесины сосны не разрушаются.

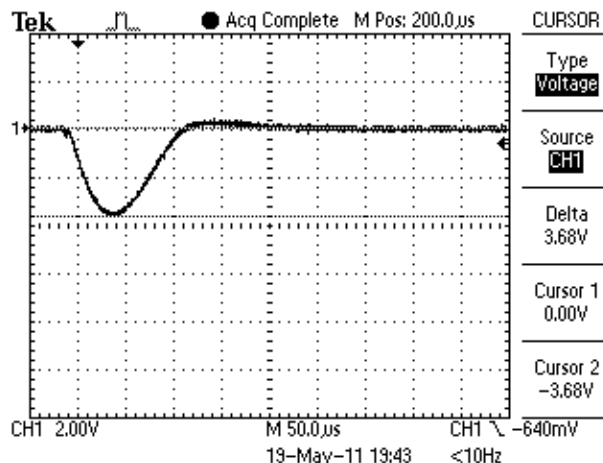


Рис. 9. Осциллограмма импульсной А- компоненты тока искусственной молнии при сильноточном разряде ГИТ-А на тонкий медный ЭВП (диаметром $d_{\Pi}=0,2$ мм и длиной $l_{\Pi}=50$ мм), вертикально установленный на воздухе в отверстии диаметром $d_0=3$ мм и длиной $l_0=50$ мм локально разрушающегося образца "мертвой" древесины сосны диаметром $d_{\Pi}=100$ мм и высотой $h_{\Pi}=50$ мм ($U_{3A}=-7$ кВ; $I_{mA}=41,4$ кА)

На рис. 10 показана осциллограмма импульсного тока разряда в цепи генератора ГИТ-А при $U_{3A} = -7$ кВ, содержащей лишь расположенный на воздухе медный ЭВП 3 (без наличия в ДЭС образца древесины 2). Отметим, что на рис. 9 и 10 использованы прежние, как и на рис. 6 и 7, масштабы по вертикали – 2 В/клетка и по горизонтали – 50 мкс/клетка. Согласно данным рис. 9 кривая разрядного тока в сильноточном плазменном канале, электродинамическим путем локально разрушающем (раскалывающем) образец из "мертвой" древесины сосны, приближается к апериодическому режиму. При периоде колебаний $T_{A3} = 210$ мкс и логарифмическом декременте колебаний Δ_{A3} , численно составляющим 3,94, импульсный ток разряда генератора ГИТ-А характеризуется коэффициентом затухания δ_{A3} , примерно равным $18,7 \cdot 10^3$ с⁻¹. Для суммарной индуктивности сильноточной электрической цепи разряда высоковольтного ГИТ-А в $L_{AC3} = 3,31$ мкГн такая величина δ_{A3} определяет ее опытное суммарное активное сопротивление, равное $R_{AC3} = 123,8$ мОм. Тогда при $R_A = 57$ мОм и $R_T = 30$ мОм из осциллограммы тока на рис. 9 следует, что опытное значение вносимого в разрядную цепь ГИТ-А активного сопротивления R_{k3} развивающимся в образце "мертвой" древесины сосны плазменным каналом составляет 36,8 мОм, что при удельной электропроводности каналной плазмы до $\gamma_{k2} = 1625$ (Ом·м)⁻¹ [7] обуславливает его расчетный радиус согласно [7, 9] примерно в 16,3 мм (при опытном радиусе оплавленного "следа" на плоской поверхности нижнего алюминиевого электрода ДЭС под испытываемым образцом древесины сосны в соответствии с данными рис. 8 и 11 около $r_{A2} = 19$ мм).

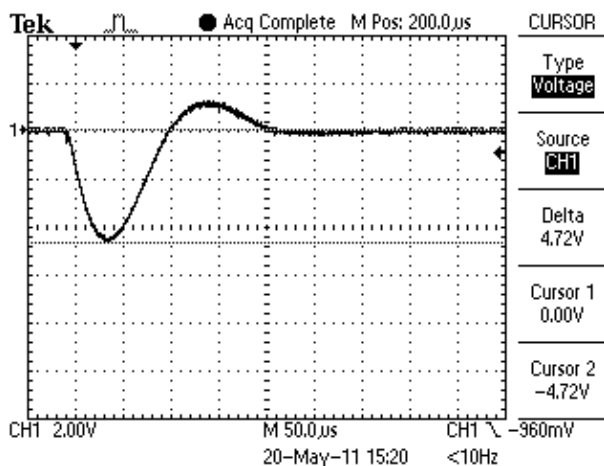


Рис. 10. Осциллограмма импульсной А-компоненты тока искусственной молнии при сильноточном разряде высоковольтного ГИТ-А на тонкий медный ЭВП диаметром $d_{П} = 0,2$ мм и длиной $l_{П} = 50$ мм, вертикально установленный на воздухе без опытного образца древесины сосны над горизонтально расположенным нижним плоским массивным алюминиевым электродом ДЭС ($U_{3A} = -7$ кВ; $I_{mA} = 53,1$ кА)

Из расшифровки токовой осциллограммы на рис. 10 получаем, что в этом случае разрядный ток генератора ГИТ-А характеризуется периодом колебаний $T_{A4} = 210$ мкс и логарифмическим декрементом колебаний, примерно равным $\Delta_{A4} = 3,27$. В этой связи при прежнем значении в цепи разряда ЕНЭ используемого

генератора ГИТ-А суммарной индуктивности $L_{AC} = 3,31$ мкГн коэффициент затухания импульсного тока принимает численное значение около $15,6 \cdot 10^3$ с⁻¹. Поэтому здесь опытное суммарное активное сопротивление R_{AC4} в разрядном контуре ГИТ-А будет приблизительно составлять 103,1 мОм, что при неизменных значениях $R_A = 57$ мОм и $R_T = 30$ мОм определяет активное сопротивление R_{k4} плазменного канала воздушного искрового разряда в ДЭС, равное примерно 16,1 мОм. В результате этого размещение исследуемого цилиндрического опытного образца "мертвой" древесины сосны ($d_{П} = 100$ мм и $h_{П} = 50$ мм) в ДЭС разрядной цепи мощного ЕНЭ генератора ГИТ-А приводит к внесению в данную цепь дополнительного активного сопротивления $(R_{k3} - R_{k4}) = (36,8 - 16,1)$ мОм = 20,7 мОм. С учетом этого количественного результата при заданной длине (высоте) опытных образцов "мертвой" древесины сосны ($h_{П} = 50$ мм) дополнительное погонное активное сопротивление, вносимое исследуемой древесиной в электрическую цепь протекания импульсной А-компоненты тока искусственной молнии, численно составит около $20,7$ мОм/50 мм = 0,41 мОм/мм.

На рис. 11 приведены внешние виды округлых зон поверхностного оплавления плоского алюминиевого электрода ДЭС, полученных при помощи генератора ГИТ-А и его сильноточных плазменных каналов искровых разрядов, локально разрушающих по всей длине (высоте) исследуемые образцы "живой" и "мертвой" древесины сосны в области их периферии.



Рис. 11. Внешний вид двух округлых зон оплавления и деформации горизонтально расположенного нижнего плоского алюминиевого электрода ДЭС толщиной 2 мм от воздействия на него вертикально ориентированных сильноточных плазменных каналов тока искусственной молнии (слева – диаметром до $d_{A1} = 46$ мм при разрушении "живой" древесины сосны и $I_{mA} = 65,7$ кА, а справа – диаметром до $d_{A2} = 38$ мм при разрушении "мертвой" древесины сосны и $I_{mA} = 41,4$ кА)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Экспериментальным путем при помощи уникального низкоомного высоковольтного генератора БИТ, размещенного на экспериментальной базе НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ", впервые для цилиндрических опытных образцов "живой" и "мертвой" древесины сосны определены критические амплитудные значения импульсной А-компоненты тока искусственной молнии (соответственно величины $I_{mK1} = 65,7$ кА и $I_{mK2} = 41,4$ кА), вызывающие при ее прямом воздействии на макроструктуру исследуемой древесины, содержащую множество природно скрепленных (склеенных) между собой лигнином продольно ориентированных вдоль указанных образцов древесины микротрахеид, электродинамическое локальное раз-

рушение древесины сосны путем ее раскалывания. Установлено, что "живая" древесина сосны по сравнению с "мертвой" древесиной сосны характеризуется более высокими показателями ($I_{mK1} > I_{mK2}$) своей электродинамической стойкости к прямому действию на нее БИТ, сопровождающих протекание импульсной A -компоненты тока искусственной молнии.

2. Показано, что размещение опытных образцов "живой" и "мертвой" древесины сосны в ДЭС сильноточной разрядной цепи низкоомного высоковольтного генератора ГИТ-А, имитирующего в полевых лабораторных условиях импульсную A -компоненту тока искусственной молнии, приводит к внесению в данную электрическую цепь импульсного источника энергии дополнительного активного сопротивления, численно составляющего по отношению к единице длины (высоты) испытываемых образцов древесины сосны погонную величину до 0,41 мОм/мм.

3. Пористая макрокопическая структура опытных образцов "живой" и "мертвой" древесины сосны вызывает определенное поперечное радиальное стягивание (уменьшение площади поперечного сечения не менее чем на 25 %) сильноточного плазменного канала искрового разряда, привязываемого к их торцевой поверхности и продольно развивающегося вдоль их внутренней структуры, построенной на основе прилегающих друг к другу полых микротрахеид.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудаков В.В., Недзельский О.С. Исследование импульсной электрической прочности крупногабаритных клееных деревянных конструкций // Вестник ХПИ. Серия "Электроэнергетика и автоматизация энергоустановок". – Харьков: ХПИ. – 1993. – Вып. № 18. – С. 73-77.
2. Баранов М.И., Лысенко В.О. Приближенные модели электродинамического разрушения древесины в атмосферном воздухе под действием прямого удара в нее линейной молнии // Вісник НТУ "ХПИ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2009. – № 39. – С. 10-18.
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/молния>.
4. Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 2, Кн. 2: Теория электрофизических эффектов и задач. – Харьков: Изд-во "Точка", 2010. – 407 с.
5. Баранов М.И., Лысенко В.О. Явление высоковольтного электроосмоса в капиллярах "живой" древесины. Гипотеза возникновения и расчетная оценка // Вісник НТУ "ХПИ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2010. – № 18. – С. 26-33.
6. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Кравченко В.И. и др. Генератор тока искусственной молнии для натуральных испытаний технических объектов // Приборы и техника эксперимента. – 2008. – № 3. – С. 81-85.
7. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Лысенко В.О. Экспериментальное определение активного сопротивления и электропроводности сильноточного плазменного канала в разрядной цепи генератора импульсной компоненты тока искусственной молнии // Електротехніка і електромеханіка. – 2011. – № 3. – С. 51-55.
8. Баранов М.И., Кравченко В.И., Носенко М.А. Экспериментальные исследования электротермической стойкости металлических элементов летательного аппарата к прямому воздействию тока искусственной молнии. Часть 2: Стойкость медных проводов и кабелей // Електротехніка і електромеханіка. – 2011. – № 2. – С. 46-55.
9. Баранов М.И., Колиушко Г.М., Лысенко В.О. и др. Экспериментальная оценка электрического сопротивления и электропроводности сильноточного плазменного канала в цепи разряда мощного генератора тока искусственной молнии // Електротехніка і електромеханіка. – 2011. – № 1. – С. 61-64.

Bibliography (transliterated): 1. Rudakov V.V., Nedzel'skij O.S. Iščledovanie impul'snoj `elektricheskoj prochnosti krupnogabaritnyh kleenyh derevyannyh konstrukcij // Vestnik HPI. Seriya "Elektro`energetika i avtomatizacija `energoustanovok". – Har'kov: HPI. – 1993. – Vyp. № 18. – S. 73-77. 2. Baranov M.I., Lysenko V.O. Priblizhennye modeli `elektrodinamicheskogo razrusheniya drevesiny v atmosfernom vozduhe pod dejstviem pryamogo udara v nee linejnoy molnii // Visnik NTU "HPI". Zbirnik naukovih prac'. Tematichnij vipusk: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. - Harkiv: NTU "HPI". – 2009. – № 39. – S. 10-18. 3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/molniya>. 4. Baranov M.I. Izbrannye voprosy `elektrofiziki: Monografiya v 2-h tomah. Tom 2, Kn. 2: Teoriya `elektrofizicheskikh `effektov i zadach. – Har'kov: Izd-vo "Tochka", 2010. – 407 s. 5. Baranov M.I., Lysenko V.O. Yavlenie vysokovol'tnogo `elektroosmosa v kapillyarah "zhivoj" drevesiny. Gipoteza vozniknoveniya i raschetnaya ocenka // Visnik NTU "HPI". Zbirnik naukovih prac'. Tematichnij vipusk: Tehnika ta elektrofizika visokih naprug. - Harkiv: NTU "HPI". – 2010. – № 18. – S. 26-33. 6. Baranov M.I., Koliushko G.M., Kravchenko V.I. i dr. Generator toka iskusstvennoj molnii dlya naturnyh ispytanij tehniceskikh ob`ektov // Pribory i tehnika `eksperimenta. – 2008. – № 3. – S. 81-85. 7. Baranov M.I., Koliushko G.M., Lysenko V.O. `Eksperimental'noe opredelenie aktivnogo soprotivleniya i `elektroprovodnosti sil'notochnogo plazmennogo kanala v razryadnoj cepi generatora impul'snoj komponenty toka iskusstvennoj molnii // Elektrotehnika i elektromehaniika. – 2011. – № 3. – S. 51-55. 8. Baranov M.I., Kravchenko V.I., Nosenko M.A. `Eksperimental'nye issledovaniya `elektrotermicheskoj stojkosti metallicheskikh `elementov letatel'nogo apparata k pryamomu vozdejstviyu toka iskusstvennoj molnii. Chast' 2: Stojkost' mednyh provodov i kabelej // Elektrotehnika i elektromehaniika. – 2011. – № 2. – S. 46-55. 9. Baranov M.I., Koliushko G.M., Lysenko V.O. i dr. `Eksperimental'naya ocenka `elektricheskogo soprotivleniya i `elektroprovodnosti sil'notochnogo plazmennogo kanala v cepi razryada moschnogo generatora toka iskusstvennoj molnii // Elektrotehnika i elektromehaniika. – 2011. – № 1. – S. 61-64.

Поступила 30.09.2011

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., с.н.с.,
Лысенко Виталия Олеговна
НИПКИ "Молния"
Национального технического университета
"Харьковский политехнический институт"
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47
тел. (057) 7076841, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

Baranov M.I., Lysenko V.O.

Experimental research on pine wood samples destruction under direct action of artificial lightning heavy pulse currents.

The paper presents results of full-scale experiments on electrodynamic destruction of "living" and "dead" pine wood samples under direct action of heavy-current plasma channel of a spark discharge with artificial lightning heavy pulse currents.

Key words – pine wood, artificial lightning, heavy pulse current, destruction.