

М. И. БАРАНОВ, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт “Молния” Национального технического университета “Харьковский политехнический институт” (Украина, 61013, г. Харьков, ул. Шевченко, 47; e-mail: eft@kpi.kharkov.ua)

С. В. РУДАКОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент Национального университета гражданской защиты Украины (Украина, 61023, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94; e-mail: serg_73@i.ua)

УДК 621.3:614.841.3

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЛОКАЛЬНОГО НАГРЕВА ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ СВЕРХТОКАХ

Впервые на основе расчетных и экспериментальных данных в области пожарной безопасности показано, что при протекании сверхтоков в силовых электрических цепях постоянного, переменного или импульсного тока электроэнергетических объектов кратковременный интенсивный локальный нагрев токонесущих частей изолированных проводов и кабелей в зонах их “горячих” продольных участков с плотностями сверхтока 100 А/мм^2 и более может стать причиной электротермического разрушения, возгорания изоляции и внезапного возникновения локальных очагов пожара в местах прокладки кабельно-проводниковой продукции.

Ключевые слова: электрические провода и кабели; сверхток; локальный нагрев; электротермическое разрушение кабельно-проводниковой продукции.

Электрические провода и кабели [1], широко используемые в различных схемах электроэнергетических объектов при передаче и потреблении электрической энергии, при определенных условиях (например, при коротких замыканиях, возникновении коммутационных или атмосферных перенапряжений и других нештатных режимах работы) могут кратковременно испытывать воздействие значительных токовых перегрузок [2, 3]. Такие токовые перегрузки, характеризующиеся протеканием по токонесущим частям силовой кабельно-проводниковой продукции (КПП) переменных сверхтоков с амплитудами в десятки килоампер [3, 4], приводят к появлению в жилах и оболочках КПП тока плотностью $\delta_0(t)$ с амплитудными значениями от 10 до 100 А/мм^2 и более. Это может вызвать значительный нагрев проводниковых материалов КПП, что приведет к недопустимому перегреву токопроводящего материала жил (оболочек) проводов (кабелей) и, соответственно, их изоляции. Причем наиболее выраженное проявление перегрева проводов (кабелей) из-за продольной периодической макролокализации дрейфующих электронов на отдельных участках их токонесущих частей будет наблюдаться в местах возникновения вдоль них повышенной объемной плотности дрейфующих электронов — на так называемых “горячих” продольных участках [5]. Причиной такой локализации дрейфующих электронов в жилах (оболочках) проводов и кабелей с электрическим

током различных видов (постоянный, переменный и импульсный) и с разными амплитудно-временными параметрами (АВП) является возникновение в токонесущих частях указанной КПП квантованных электронных полувольт де Бройля и, соответственно, обусловленных ими волновых электронных пакетов (ВЭП) [6].

В [5, 7–9] нами были представлены результаты теоретических исследований, определяющих основные закономерности продольного волнового распределения дрейфующих свободных электронов в металлических проводниках с электрическим током с различными АВП. Из данных закономерностей следует, что степень макролокализации вдоль токонесущих частей проводов и кабелей с электрическим током проводимости “горячих” продольных участков существенно зависит от плотности тока $\delta_0(t)$ в них. Для предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций в силовых цепях электроэнергетических объектов и разработки первоочередных организационно-технических мер по обеспечению их противопожарной защиты несомненный практический интерес представляет задача определения основных геометрических размеров “горячих” продольных участков в проводах (кабелях) промышленных электросетей, мест их размещения вдоль них и достигаемых уровней максимальной температуры θ_r на них в зависимости от плотности сверхтока $\delta_0(t)$ в токонесущих частях КПП.

Размеры “горячих” продольных участков КПП со сверхтоком и координаты мест их размещения

Воспользовавшись для приближенного определения минимальной ширины Δz_r “горячего” продольного участка токопроводящей жилы (оболочки) провода (кабеля) длиной l_0 , с поперечным сечением S_0 и равномерно распределенным по ним электрическим аксиальным сверхтоком проводимости $i_0(t)$ с различными АВП известным в квантовой электродинамике соотношением неопределенностей Гейзенберга [10], можно показать, что с учетом данных из [11] для искомой величины Δz_r следует использовать расчетное соотношение

$$\Delta z_r = e_0 n_{e0} h (m_e \delta_{0T})^{-1} [8 + (\pi - 2)^2]^{-1}, \quad (1)$$

где e_0 — модуль электрического заряда электрона, Кл; $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ [12];

n_{e0} — усредненная объемная плотность свободных электронов в металле провода (кабеля) до протекания по нему тока, м^{-3} ;

h — постоянная Планка, Дж·с; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ [12];

m_e — масса покоя электрона, кг; $m_e = 9,108 \cdot 10^{-31}$ [12];

δ_{0T} — амплитуда плотности тока $\delta_0(t)$ в токопроводящем материале провода (кабеля), равная I_{0T}/S_0 в принятом нами приближении;

I_{0T} — амплитуда тока проводимости $i_0(t)$, протекающего в проводе (кабеле).

Из (1) следует, что ширина Δz_r “горячего” продольного участка токопроводящей жилы (оболочки) провода (кабеля) обратно пропорциональна амплитуде δ_{0T} плотности сверхтока. Чем больше значения δ_{0T} в проводе (кабеле), тем меньше в них значения Δz_r . Согласно (1) для медного провода, характеризующегося исходной плотностью свободных электронов $n_{e0} = 16,86 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ [10, 11], при плотности тока $\delta_{0T} = 4 \text{ А/мм}^2$, характерной для работающих в нормальных режимах медных проводов промышленных электрических сетей [2], минимальная ширина Δz_r “горячего” участка в нем составляет около 530 мм. При плотности тока $\delta_{0T} = 400 \text{ А/мм}^2$, характерной для аварийных режимов в промышленных сетях с протеканием сверхтоков от короткого замыкания (КЗ) [2], расчетная наименьшая ширина Δz_r “горячего” участка в медном проводе, определенная по (1), будет равна около 5,3 мм. Из представленных выше оценочных расчетных данных следует, что продольная макролокализация дрейфующих электронов в проводах (кабелях) с электрическим током $i_0(t)$ с различными АВП наиболее ярко проявляется и может визуально фиксироваться при больших плотностях $\delta_0(t)$ сверхтока в них — порядка 100 А/мм^2 и более. В связи с тем что подобная продольная локализация свободных электронов в токо-

несущих частях проводов (кабелей) сопровождается по сравнению с иными участками КПП повышенной объемной плотностью n_{er} на “горячих” продольных участках (до 3,5 раз по сравнению с исходной усредненной объемной электронной плотностью n_{e0} в металле провода или кабеля) [5, 11], при больших плотностях сверхтока $\delta_0(t)$ в проводах (кабелях) рассматриваемые “горячие” участки будут характеризоваться повышенными удельными тепловыми потерями и, соответственно, уровнями температуры θ_r .

С учетом квантованного характера распределения в токонесущих частях проводов (кабелей) со сверхтоком $i_0(t)$ с различными АВП электронных полувольт де Бройля и, соответственно, ВЭП [7, 11] продольные координаты z_{nk} мест размещения в них середин крайних “горячих” продольных участков от обоих краев проводов (кабелей) длиной l_0 определяются выражением

$$z_{nk} = l_0 / (2n), \quad (2)$$

где n — целое квантовое число, равное номеру моды собственной продольной волновой пси-функции в токопроводящем материале жилы (оболочки) провода (кабеля); $n = 1, 2, 3, \dots, n_m$;

n_m — максимальное значение квантового числа n ;

$$n_m = 2n_k^2 \geq 1;$$

n_k — главное квантовое число, равное числу электронных оболочек в атоме металла токопроводящей жилы (оболочки) провода (кабеля) и, соответственно, номеру периода в периодической таблице химических элементов Менделеева (далее — таблица Менделеева), которому этот металл провода (кабеля) принадлежит (например, для медного, цинкового и железного (стального) токопроводов $n_k = 4$, а $n_m = 32$) [12].

Координаты мест периодического размещения в рассматриваемых проводах (кабелях) длиной l_0 со сверхтоком $i_0(t)$ различных видов (постоянный, переменный, импульсный) и с разными АВП середин внутренних “горячих” продольных участков определяются исходя из физической закономерности, согласно которой расстояния z_{nb} между ними и серединами крайних “горячих” продольных участков с координатами по (2) удовлетворяют соотношению

$$z_{nb} = l_0 / n. \quad (3)$$

Расчетная максимальная температура на “горячих” продольных участках КПП со сверхтоком

С учетом (1) и данных из [13] для максимальной температуры локального нагрева θ_r токопроводящего материала в зоне “горячего” продольного участка провода (кабеля) со сверхтоком проводимости

$i_0(t)$ можно записать следующее приближенное расчетное выражение:

$$\theta_r = 8\pi c_0^{-1} \Delta z_r I_0^{-1} n_{e0} W_{Fe} [8 + (\pi - 2)^2]^{-1} + \theta_0, \quad (5)$$

где c_0 — удельная теплоемкость, отнесенная к единице объема металла провода (кабеля), Дж/(м³·°С) [14]; W_{Fe} — усредненное значение энергии Ферми для свободных электронов металла провода (кабеля) с их объемной плотностью n_{e0} до протекания по нему сверхтока, Дж; $W_{Fe} = 0,6h^2 (8m_e)^{-1} \times (3n_{e0}/\pi)^{2/3}$ [12]; θ_0 — исходная температура изоляционной среды, окружающей провод (кабель), °С.

Отметим, что усредненное значение первоначальной объемной плотности n_{e0} свободных электронов в металле провода (кабеля) равно концентрации его атомов N_0 , умноженной на его валентность, определяемую числом неспаренных электронов на внешних электронных слоях атомов токопроводящего материала провода или кабеля (например, для меди, цинка и железа валентность равна двум [12]). Для расчетной оценки усредненной концентрации N_0 атомов в металле токонесущих частей провода (кабеля) с его массовой плотностью d_0 до протекания по нему электрического тока следует воспользоваться соотношением [10]:

$$N_0 = d_0 (1,6606 \cdot 10^{-27} M_a)^{-1}, \quad (6)$$

где M_a — атомная масса металла провода или кабеля, практически равная массовому числу ядра атома металла провода (кабеля) (согласно таблице Менделеева для меди $M_a = 63,55$ а. е. м. [12]).

Расчетная оценка температуры θ_x нагрева “холодных” продольных участков провода (кабеля), примыкающих слева и справа к их “горячим” продольным участкам со сверхтоком $i_0(t)$, может быть с учетом данных из [13] выполнена по приближенной формуле

$$\theta_x = \theta_r (\pi - 2)/4. \quad (7)$$

В результате из (5) при $\theta_0 = 0$ °С и $\delta_{0r} = 400$ А/мм² с учетом (1) и (6) следует, что в случае протекания переменного сверхтока с такой плотностью по короткому стальному проводу длиной $l_0 = 320$ мм ($n_{e0} = 16,82 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $W_{Fe} = 10,67 \cdot 10^{-19}$ Дж; $c_0 = 4,95 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°С) [14]; $\Delta z_r \approx 5,3$ мм) температура θ_r кратковременного локального джоулева нагрева на его “горячем” продольном участке может составлять примерно 1610 °С (при температуре плавления железа около 1535 °С [10]), а температура θ_x прилегающих к нему относительно “холодных” продольных участков данного стального провода согласно (7) — около 459 °С. В связи с этим указанный провод в местах формирования вдоль него “горячих” продольных участков будет подвергаться электро-тепловому разрушению. Кроме того, поскольку мак-

симальная температура невозгораемости для большинства изолированных проводов и кабелей на напряжение 10–220 кВ составляет не более 400 °С [4, 15], при указанной плотности сверхтока в токонесущей части этого провода резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая или бумажно-масляная изоляция вокруг нее будет подвергаться возгоранию. Количество таких мест резкого локального перегрева токонесущей части рассматриваемого провода (мест появления вдоль него очагов пожара) будет определяться согласно (2) и (3) значением квантового числа n , зависящим от числа мод собственных волновых пси-функций в нем и, соответственно, от энергетического состояния свободных электронов токопроводящего материала жилы (оболочки) провода (кабеля) в момент начала воздействия на него сверхтока.

Результаты экспериментов по обнаружению “горячих” продольных участков в стальном проводе со сверхтоком

Эксперименты, подтверждающие формирование в токонесущих частях проводов (кабелей) с импульсным сверхтоком $i_0(t)$ электронных полувольт де Бройля, макроскопических ВЭП и “горячих” продольных участков, были выполнены при помощи мощного высоковольтного генератора импульсных токов ГИТ-5С (номинальное зарядное напряжение $U_{3r} = \pm 5$ кВ; номинальная запасаемая электрическая энергия $W_r = 567$ кДж), моделирующего на активно-индуктивной нагрузке длительную С-компоненту тока искусственной молнии [16]. В качестве провода был выбран размещенный в атмосферном воздухе сплошной круглый оцинкованный (с толщиной наружного покрытия $\Delta_0 = 5$ мкм) стальной провод (радиусом $r_0 = 0,8$ мм, длиной $l_0 = 320$ мм и площадью сечения $S_0 = 2,01$ мм²), жестко закрепленный своими концами с помощью болтовых соединений на алюминиевых шинах разрядной цепи генератора ГИТ-5С (рис. 1). При разряде предварительно заряженной конденсаторной батареи генератора ГИТ-5С ($U_{3r} = -3,7$ кВ, $W_r = 310$ кДж) на исследуемый провод по нему протекал аperiodический импульс сверхтока временной формы 9 мс/576 мс с модулем амплитуды $I_{0T} = 745$ А ($\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²),



Рис. 1. Общий вид размещенного в атмосферном воздухе над теплозащитным асбестовым полотном круглого сплошного оцинкованного стального провода ($r_0 = 0,8$ мм; $l_0 = 320$ мм; $\Delta_0 = 5$ мкм; $S_0 = 2,01$ мм²) до протекания по нему в разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-5С аperiodического импульса сверхтока $i_0(t)$ большой плотности

которой соответствовало время $t_r = 9$ мс. Длительность импульса сверхтока на уровне $0,5I_{0T}$ при этом составляла 160 мс, а его полная длительность при нарушении металлической проводимости в проводе — 576 мс, без нарушения металлической проводимости в проводе при $\delta_{0T} < 370$ А/мм² — 1000 мс. Отсюда видно, что АВП используемого в экспериментах импульсного сверхтока временной формы 9 мс/576 мс в первом приближении удовлетворяют ударному току КЗ в промышленных сетях [2].

На рис. 2 приведены результаты электротермического воздействия аperiodического импульса сверхтока временной формы 9 мс/576 мс ($I_{0T} = 745$ А; $\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²) на оцинкованный стальной провод. Из рис. 2 видно, что в этом случае в проводе возникает один “горячий” ($n = 1$) и два “холодных” продольных участка. Ширина “горячего” продольного участка составляет $\Delta z_r \approx 7$ мм (по формуле (1) $\Delta z_r = 5,7$ мм), а ширина “холодных” продольных участков — около 156,5 мм. Место размещения “горячего” продольного участка находится посередине провода и соответствует расчетному выражению (2) для случая, когда $n = 1$. “Горячий” участок провода из-за расплавления на его ширине Δz_r стального основания и закипания цинкового покрытия принимает ярко светящуюся сферообразную форму. Температура нагрева “горячего” продольного участка провода в этом случае достигает уровня, достаточного для проплавления насквозь находящегося под этим участком теплозащитного асбестового полотна толщиной 3 мм, температура плавления которого составляет около 1500 °С [17]. На такое тепловое состояние “горячего” участка исследуемого провода указывают и результаты его математического моделирования. Так, расчетная оценка по (5) температуры θ_r локального нагрева стального основания ($n_{e0} = 16,82 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $W_{Fe} = 10,67 \cdot 10^{-19}$ Дж; $c_0 = 4,95 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°С); $\Delta z_r \approx 5,7$ мм) в зоне “горячего” участка показывает, что при $\theta_0 = 0$ °С и $\delta_{0T} = 370$ А/мм² она принимает значение около 1745 °С (при температуре его плавления примерно 1535 °С [10]). Что касается расчетного значения температуры θ_r локального нагрева цинкового покрытия ($n_{e0} = 13,08 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $W_{Fe} = 9,04 \cdot 10^{-19}$ Дж; $c_0 = 3,39 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°С) [14]) в зоне “горячего” участка, то согласно (5) оно с учетом (1) и принятых исходных данных ($\theta_0 = 0$ °С; $\delta_{0T} = 370$ А/мм²) составляет примерно 1302 °С (при температуре его кипения около 907 °С [10]). В зонах “холодных” продольных участков провода в соответствии с (7) и приведенными выше данными расчетов для θ_r температура θ_x их стального основания принимает значение около 499 °С, а цинкового покрытия — 372 °С (при температуре его плавления около 419 °С [10]). Одним из опытных подтверждений та-



Рис. 2. Тепловое состояние оцинкованного стального провода ($r_0 = 0,8$ мм; $l_0 = 320$ мм; $\Delta_0 = 5$ мкм; $S_0 = 2,01$ мм²) с одним “горячим” (посередине провода шириной $\Delta z_r \approx 7$ мм) и двумя “холодными” (шириной около 156,5 мм при частичной сублимации одного из них) продольными участками после воздействия на него аperiodического импульса сверхтока $i_0(t)$ временной формы 9 мс/576 мс большой плотности ($I_{0T} = 745$ А; $\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²; $n = 1$)

ких расчетных значений температуры θ_x может служить тот факт, что после кратковременного протекания в разрядной цепи генератора ГИТ-5С аperiodического импульса сверхтока временной формы 9 мс/576 мс ($I_{0T} = 745$ А; $\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²) по размещенному в атмосферном воздухе испытываемому стальному проводу без изоляции его цинковое покрытие в зонах “холодных” продольных участков осталось практически не поврежденным.

Выводы

1. Выполненные расчетные оценки и проведенные в условиях высоковольтной лаборатории эксперименты указывают на то, что при кратковременном протекании по изолированным проводам (кабелям) силовых цепей электроэнергетических объектов постоянного, переменного или импульсного сверхтока большой плотности (100 А/мм² и более) с различными АВП, характерными для штатных и аварийных режимов их работы с токовыми перегрузками, металлические жилы (оболочки) данной КПП могут испытывать в зонах образования вдоль них узких “горячих” продольных участков интенсивный локальный нагрев. При этом температура нагрева в зонах “горячих” продольных участков проводов (кабелей) может до 3,5 раз превышать температуру нагрева соседних с ними “холодных” продольных участков и достигать температуры плавления их основных проводниковых материалов — меди, алюминия и стали. Появление в экстремальных ситуациях на “горячих” продольных участках проводов (кабелей) таких высоких температур может приводить к их локальному электротермическому разрушению, возгоранию их резиновой, поливинилхлоридной, полиэтиленовой или бумажно-масляной изоляции и, соответственно, к возникновению локальных очагов пожара в зоне прокладки КПП.

2. Установлено, что основные геометрические размеры “горячих” продольных участков проводов (кабелей) и продольные координаты мест их разме-

щения вдоль них определяются амплитудой плотности протекающего по ним электрического сверхтока $i_0(t)$ с различными АВП и значением квантового числа n , характерным для свободных электронов (“электронного газа”) их токопроводящего материала в момент его воздействия на указанную кабельно-проводниковую продукцию.

3. Полученные расчетные и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что для предотвра-

щения чрезвычайных ситуаций в силовых электрических сетях электроэнергетических объектов и снижения в них уровня пожарной опасности от интенсивного локального нагрева токонесущих частей КПП на их “горячих” продольных участках в аварийных режимах работы в ответственных силовых цепях данных объектов должны устанавливаться быстродействующие системы защиты от перенапряжений и указанных сверхтоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоруссов Н. И., Саакян А. Е., Яковлева А. И. Электрические кабели, провода и шнуры : справочник / Под ред. Н. И. Белоруссова. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 536 с.
2. Князевский Б. А., Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. — М. : Высшая школа, 1972. — 431 с.
3. Электротехнический справочник. Производство и распределение электрической энергии / Под общ. ред. И. Н. Орлова и др. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — Т. 3, кн. 1. — 880 с.
4. НПБ 248–97. Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний. — М. : ВНИИПО МВД России, 1998. — 7 с.
5. Баранов М. И. Новые физические подходы и механизмы при изучении процессов формирования и распределения электрического тока проводимости в проводнике // Технічна електродинаміка. — 2007. — № 1. — С. 13–19.
6. Баранов М. И. Избранные вопросы электрофизики: монография. — В 2-х т. — Т. 2, кн. 1: Теория электрофизических эффектов и задач. — Харьков : НТУ “ХПИ”, 2009. — 384 с.
7. Баранов М. И. Волновое распределение свободных электронов в проводнике с электрическим током проводимости // Электротехника. — 2005. — № 7. — С. 25–33.
8. Баранов М. И. Энергетический и частотный спектры свободных электронов проводника с электрическим током проводимости // Электротехника. — 2006. — № 7. — С. 29–34.
9. Баранов М. И., Рудаков С. В. Усредненные характеристики волнового распределения дрейфующих электронов в металлическом проводнике с импульсным током проводимости большой плотности // Вісник НТУ “ХПІ”. Збірник наукових праць. Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. — Харків : НТУ “ХПІ”, 2013. — № 60 (1033). — С. 12–20.
10. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики / Отв. ред. В. К. Тартаковский. — Киев : Наукова думка, 1989. — 864 с.
11. Баранов М. И. Основные характеристики вероятностного распределения свободных электронов в проводнике с электрическим током проводимости // Технічна електродинаміка. — 2008. — № 1. — С. 8–12.
12. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. — М. : Наука, 1990. — 624 с.
13. Баранов М. И. Квантовомеханический подход при расчете температуры нагрева проводника электрическим током проводимости // Технічна електродинаміка. — 2007. — № 5. — С. 14–19.
14. Кнопфель Г. Сверхсильные импульсные магнитные поля / Пер. с англ. — М. : Мир, 1972. — 391 с.
15. Домніч І. К., Кравченко Р. І., Кулаков О. В. та інші. Пожежна безпека кабельної продукції : практичний посібник. — Харків : УЦЗУ, 2008. — 216 с.
16. 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.
17. Кухлинг Х. Справочник по физике / Пер. с нем. — М. : Мир, 1982. — 520 с.

Материал поступил в редакцию 23 июля 2014 г.

FIRE HAZARD OF LOCAL HEATING OF WIRES AND CABLES OF ELECTRIC NETWORKS AT OVERCURRENTS

BARANOV M. I., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Main Researcher, Research and Design Institute "Molniya" of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute" (Shevchenko St., 47, Kharkov, 61013, Ukraine; e-mail address: eft@kpi.kharkov.ua)

RUDAKOV S. V., Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine (Chernyshevskogo St., 94, Kharkov, 61023, Ukraine; e-mail address: serg_73@i.ua)

ABSTRACT

With the purpose of development of the new going near the questions of providing of fire-prevention protection of electroenergy objects by a calculation and experimental a way it was shown that at brief flowing in nonpermanent situations by current-carrying installments of the isolated send-offs and cables of electric networks of direct, variable or impulsive overcurrent of high-slay (100 A/mm^2 and more) their copper, aluminium or steel tendons and shells in the narrow areas of "hot" longitudinal areas can test the brief intensive local heating, exceeding $1500 \text{ }^\circ\text{C}$.

Such local brief heating at overcurrents of current-carrying parts of the isolated wires and cables, conditioned the quantized macrolocalization on their "hot" longitudinal areas of drifting lone electrons, can result to electro-thermal local destruction of their conducting tendons (shells), burning of their isolation and sudden appearance in the areas of gasket of cable-explorer products of hearths of fire.

Experiments executed on a powerful high-voltage equipment on the electro-thermal brief heating of overcurrent a nonperiodic impulse of temporal form $9 \text{ ms}/576 \text{ ms}$ (at his amplitude 745 A and closeness 370 A/mm^2) of the zincked steel wire without an isolation by a diameter 1.6 mm was confirmed the results presented on the basis of scientific positions of classic and quantum physics of close calculations of the intensive local heating of this wire in the areas of forming along him of "hot" longitudinal areas.

First exposed feature of the electro-thermal brief intensive local heating of current-carrying parts of the isolated wires and cables at considerable current overloads in electric networks with the overcurrent of different peak-temporal parameters, causing appearance in them of closeness of current 100 A/mm^2 and more, allows from the new scientifically grounded positions to examine possible reasons of burning of cable-explorer products and origin on the electroenergy objects of sudden fires.

Keywords: electric wires and cables; current-carrying parts; overcurrent; drifting electrons; isolation; macrolocalization of lone electrons; brief local heating; electro-thermal destruction; burning of isolation; fire hazard.

REFERENCES

1. Belorussov N. I. (ed.), Saakyan A. E., Yakovleva A. I. *Elektricheskiye kabeli i shnury: spravochnik* [Electric cables, wires and cords. Reference book]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1988. 536 p.
2. Knyasevskiy B. A., Lipkin B. Yu. *Elektrosnabzheniye promyshlennykh predpriyatiy* [Electro-supply of industrial enterprises]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1972. 431 p.
3. Orlova I. N. et al. (eds.). *Elektrotekhnicheskii spravochnik. Proizvodstvo i raspredeleniye elektricheskoy energii* [Electrical engineering reference book. Production and distributing of electric energy]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1988, vol. 3, book 1. 880 p.
4. *Fire protection standards 248–97. Cables and wires electric. Indexes of fire hazard. Methods of tests.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1998. 7 p.
5. Baranov M. I. Novyye fizicheskiye podkhody i mekhanizmy pri izuchenii protsessov formirovaniya i raspredeleniya elektricheskogo toka provodimosti v provodnike [New physical approaches and mechanisms at the study processes of forming and distributing electric current of conductivity in an explorer]. *Tekhnichna elektrodinamika — Technical Electrodynamics*, 2007, no. 1, pp. 13–19.

6. Baranov M. I. *Izbrannyye voprosy elektrofiziki: monografiya v 2-kh t. T. 2, book 1: Teoriya elektrofizicheskikh effektov i zadach* [Select questions of electrophysics. Monograph in 2th volumes. Vol. 2, book 1: Theory of electrophysics effects and tasks]. Kharkov, NTU “KhPI” Publ., 2009. 384 p.
7. Baranov M. I. Volnovoye raspredeleniye svobodnykh elektronov v provodnike s elektricheskim tokom provodimosti [Wave distributing of lone electrons in an explorer with the electric current of conductivity]. *Elektrotehnika — Electrical Engineering*, 2005, no. 7, pp. 25–33.
8. Baranov M. I. Energeticheskiy i chastotnyy spektry svobodnykh elektronov provodnika s elektricheskim tokom provodimosti [Power and frequency spectrums of lone electrons in an explorer with the electric current of conductivity]. *Elektrotehnika — Electrical Engineering*, 2006, no. 7, pp. 29–34.
9. Baranov M. I., Rudakov S. V. Usrednennyye kharakteristiki volnovogo raspredeleniya dreyfuyushchikh elektronov v metallicheskom provodnike s impulsnym tokom provodimosti bolshey plotnosti [Middle descriptions of the wave distributing of drifting electrons in a metallic explorer with the impulsive current of conductivity of high-slay]. *Trudy NTU “KhPI”. Seriya: Tekhnika i elektrofizika vysokikh napryazheniy* [Proc. of the NTU “KhPI”. Series: Technique and electrophysics of high-voltages]. Kharkov, NTU “KhPI” Publ., 2013, no. 60 (1033), pp. 12–20.
10. Kuzmichov V. E., Tartakovskiy V. K. (ed.). *Zakony i formuly fiziki* [Laws and formulas of physics]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1989. 864 p.
11. Baranov M. I. Osnovnyye kharakteristiki veroyatnostnogo raspredeleniya svobodnykh elektronov v provodnike s elektricheskim tokom provodimosti [Basic descriptions of the probabilistic distributing of lone electrons in an explorer with the electric current of conductivity]. *Tekhnichna elektrodynamic* — *Technical Electrodynamic*, 2008, no. 1, pp. 8–12.
12. Yavorskiy B. M., Detlaf A. A. *Spravochnik po fizike* [Reference book on Physics]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 624 p.
13. Baranov M. I. Kvantovomekhanicheskiy podkhod pri raschete temperatury nagreva provodnika elektricheskim tokom provodimosti [Quantum-mechanical approach at the calculation of temperature of heating of explorer the electric current of conductivity]. *Tekhnichna elektrodynamic* — *Technical Electrodynamic*, 2007, no. 5, pp. 14–19.
14. Knoepfel H. *Pulsed high magnetic fields*. London, 1970 (Russ. ed.: Knoepfel H. Sverkhstilnyye impulsnyye magnitnyye polya. Moscow, Mir Publ., 1972. 391 p.).
15. Domnich I. K., Kravchenko R. I., Kulakov O. V. et al. *Pozharnaya bezopasnost kabelnoy produktsii: prakticheskoye posobiye* [Fire safety of cable products. Practical manual]. Kharkov, UCPU Publ., 2008. 216 p.
16. Baranov M. I., Koliushko G. M., Kravchenko V. I. et al. Generator toka iskusstvennoy molnii dlya naturnykh ispytaniy tekhnicheskikh obyektov [Generator of current of artificial lightning for the model tests of technical objects]. *Pribory i tekhnika eksperimenta — Instruments and Technique Experiment*, 2008, no. 3, pp. 81–85.
17. Kuchling H. Reference book on Physics. Leipzig, 1980 (Russ. ed.: Kuchling H. Spravochnik po fizike. Moscow, Mir Publ., 1982. 520 p.).