

УДК 621.316.9

DOI: 10.24160/1993-6982-2018-3-37-43

Расчет емкостного тока, стекающего с воздушной линии электропередач, находящейся под наведенным напряжением при удалении на различные расстояния влияющей воздушной линии

И.В. Королев, О.С. Щербачева, В.Т. Медведев, Д.А. Бурдюков

Наибольшую долю в статистике травматизма в электроэнергетике составляют несчастные случаи во время работ по обслуживанию и ремонту воздушных линий (ВЛ) электропередачи. Одна из причин полученных травм — поражение электрическим током при попадании под наведенное напряжение.

Для оценки опасности наведенного напряжения при заземлении в одном месте в работе проведены расчеты для различных классов напряжения, как влияющей линии, так и линии под наведенным напряжением (ПНН), при удалении отключенной линии от влияющей на различные расстояния, а также вычисления для минимального расстояния между линиями, когда влияющая и отключенная линии расположены на двухцепной опоре.

При анализе полученных значений установлено, что при увеличении расстояния между влияющей ВЛ и ВЛ ПНН, значения емкостных токов в заземленных проводах уменьшаются. Суммарный ток при заземлении на опору больше, чем ток в любой из фаз и практически равен алгебраической сумме токов.

Таким образом, при увеличении расстояния между опорами устанавливать заземление на месте работы бригады не эффективно. Для обеспечения безопасного производства работ в этом случае надежнее заземлять каждую фазу отдельно.

Анализ расчетных значений двухцепных ВЛ показал, что для обеспечения безопасности работ под наведенным напряжением для двухцепных опор эффективнее проводить заземление всех фаз на опору, так как суммарный ток при заземлении на рабочем месте меньше наибольшего тока, стекающего с одной фазы.

Поскольку правила по охране труда при эксплуатации электроустановок допускают заземление в одном месте при работах на ВЛ под наведенным напряжением, то следует включить расчет емкостного тока для подобного случая в Методические указания для оценки безопасности проводимых работ под наведенным напряжением с целью снижения травматизма среди персонала, обслуживающего воздушные линии электропередач.

Ключевые слова: воздушная линия, емкостный ток, наведенное напряжение, заземление.

Для цитирования: Алексеев А.Т., Сергеева Л.В., Тутнов А.А. Моделирование реакторного графита РБМК-1000 с учетом некоторых особенностей микроструктуры // Вестник МЭИ. 2018. № 3. С. 37—43. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-3-37-43.

Calculating the Capacitive Current Flowing Off from an Overhead Power Line Energized with the Voltage Induced by the Influencing Overhead Line Located at Different Distances from the Former

I.V. Korolev, O.S. Shcherbacheva, V.T. Medvedev, D.A. Burdyukov

Accidents that happen in carrying out maintenance and repair of overhead power lines account for the largest share in the statistics of injuries occurring in the electric power industry. Electric shock received by a person as he or she touches a conductor energized with induced voltage is one of injury causing factors.

To assess the danger of being injured by induced voltage when the power line taken out for repair is grounded at one place, a numerical analysis was carried out for the influencing line and the line energized by the induced voltage belonging to different voltage classes with the disconnected line situated at different distances from the influencing one, and for the minimal distance between the lines when the influencing and disconnected lines are suspended to a common two-circuit support.

It has been found from an analysis of the obtained values that the capacitive currents in the grounded wires decrease with increasing the distance between the influencing overhead power line and the line energized with induced voltage. The total current through the support used as the grounding conductor is higher than the current in any phase and is close to the algebraic sum of phase currents.

Therefore, with the supports spaced to a significant distance from each other, it is inefficient to make grounding at the repair team working place. In this case, a more reliable result in terms of ensuring safe working conditions is obtained by individually grounding each phase.

An analysis of the calculation results obtained for double-circuit overhead power lines has shown that, in order to ensure safe working conditions on the line energized with induced voltage, for double-circuit supports it is more efficient to ground all phases to the support, because the total current through the grounding conductor in the case of grounding at the work execution place is smaller than the largest current flowing from one phase.

In view of the fact that the labor safety rules in operating electrical installations allow the grounding to be imposed at one place in carrying out work on overhead power lines energized with induced voltage, it is worthwhile to include calculations of capacitive current for such case in the Methodical Guidelines for assessing the safety of work carried out under induced voltage to reduce injuries to the personnel servicing overhead power lines.

Key words: overhead power line, capacitive current, induced voltage, grounding.

For citation: Korolev I.V., Shcherbacheva O.S., Medvedev V.T., Burdyukov D.A. Calculating the Capacitive Current Flowing Off from an Overhead Power Line Energized with the Voltage Induced by the Influencing Overhead Line Located at Different Distances from the Former. MPEI Vestnik. 2018;3:37—43. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-3-37-43.

Наибольшую долю в статистике травматизма в электроэнергетике составляют несчастные случаи во время работ по обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи. Одна из причин электротравматизма — поражение электрическим током при попадании под наведенное напряжение. В целом анализ статистики показывает двукратный рост несчастных случаев со смертельным исходом от поражения персонала наведенным напряжением с момента внесения изменений в Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок в 2001 г., следовательно, вопрос организации работ под наведенным напряжением является актуальным.

Существует два вида ремонтных работ на ВЛ: без снятия напряжения и при отключении линии. Работы на отключенных линиях не всегда безопасны, поскольку линии могут находиться под наведенным напряжением из-за влияния близлежащих ВЛ, находящихся в нормальном режиме работы. В межотраслевых правилах введено следующее определение: «...воздушная линия под наведенным напряжением — ВЛ и ВЛС, которые проходят по всей длине или на отдельных участках вблизи действующих ВЛ или вблизи контактной сети электрифицированной железной дороги переменного тока и на отключенных проводах которых при различных схемах заземления и при наибольшем рабочем токе влияющих ВЛ наводится напряжение более 25 В...»[1].

Не всегда значение напряжения после отключения линии является безопасным и необходимо рассчитывать значения наведенных напряжений, о чем говорится в п. 38.43 действующих ПОТ [2]: «...эксплуатирующим организациям необходимо определить линии (участки линий), находящиеся под наведенным напряжением, путем выполнения измерений, с последующим перерасчетом значений на наибольший рабочий ток влияющей ВЛ. Схема и порядок измерений величины наведенного напряжения и ее перерасчета на наибольший рабочий ток влияющей ВЛ определяются эксплуатирующей организацией. Работники, обслуживающие ВЛ, должны иметь в наличии перечень линий, находящихся под наведенным напряжением, знать содержание указанного перечня и требования безопасной организации и выполнения работ на них, указанные в

Правилах...» [2]. В п. 38.45 [2] сказано, что работы на ВЛ под наведенным напряжением могут проводиться одним из следующих методов:

- с заземлением ВЛ с обеих сторон в РУ и на рабочем месте с использованием для обеспечения безопасного производства работ технологии уравнивания потенциалов или технологии работ «без снятия напряжения»;
- без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте.

Также работы без заземления ВЛ в РУ при заземлении ВЛ только на рабочем месте должны проходить с выполнением следующих мероприятий:

- выводимая на ремонт ВЛ со стороны РУ не заземляется;
- к работе на одной ВЛ (на одном электрически связанном участке) может допускаться не более одной бригады;
- ВЛ (участок ВЛ) заземляется только в одном месте (на месте работы бригады) или на двух смежных опорах.

Подробная методика расчета, а также оценка значений наведенных напряжений при заземлении на двух смежных опорах представлена в Методических указаниях [3]. Однако в данной методике отсутствует расчет для случая заземления ремонтируемого участка в одном месте.

Для оценки опасности наведенного напряжения при заземлении в одном месте были проведены расчеты для различных классов напряжения (110, 220, 330 и 500 кВ) как влияющей линии, так и линии под наведенным напряжением, при удалении отключенной линии от влияющей на расстояние от 15 до 105 м, а также вычисления минимального расстояния между линиями, когда влияющая и отключенная линии расположены на двухцепной опоре.

В исходных данных для расчета рассматриваются две линии, одна из которых находится в рабочем режиме, а другая отключена и на нее наводится напряжение. Заземление отключенной линии располагается в месте работы бригады, т. е. в одной точке. В этой точке в заземлитель будет стекать емкостной ток со всей линии.

Расчет проводится по методике [3]. Алгоритм, записанный в матричной форме, выглядит следующим образом:

$$U = AT, \quad (1)$$

где U — вектор значений напряжений на всех проводах системы (на проводах и тросах влияющей линии и ВЛ под наведенным напряжением); A — матрица потенциальных коэффициентов; T — вектор значений зарядов на проводах.

Значения зарядов определяются из (1) как

$$T = A^{-1}U,$$

где A^{-1} (матрица, обратная матрице A) — матрица электростатических коэффициентов.

Токи с проводов равны элементам вектора T , помноженным на угловую частоту и длину участка линии l_i над наведенным напряжением

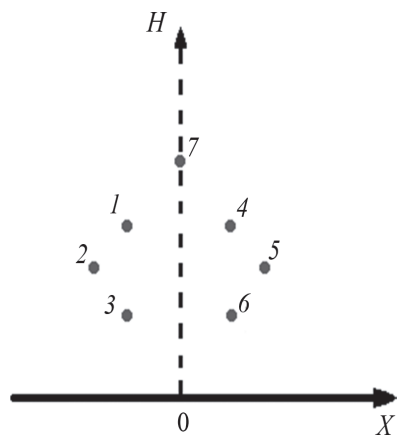
$$I_i = \omega l_i T_i.$$

Размерность матрицы A равна общему числу проводов и тросов во влияющей линии и линии под наведенным напряжением.

Для двухцепных ВЛ существуют различные виды опор с тросостойками для одного или двух тросов. Для расчетов были взяты двухцепные ВЛ 110, 220 и 330 кВ, имеющие по одному тросу. Схематичное изображение расположения двухцепных опор представлено на рисунке, для всех классов напряжения можно представить один схематичный рисунок, поскольку различие двухцепных опор будет только в геометрических размерах.

Значения емкостных токов, полученные при расчете, представлены в табл. 1.

Исходя из полученных значений токов (табл. 1), можно сделать вывод о том, что емкостные токи (I_4, I_5, I_6) в проводах линии под наведенным напряжением на двухцепных ВЛ 110, 220, 330 кВ существенно отличаются друг от друга, и I_5 много меньше, чем I_4 и I_6 . Такая несимметрия характерна для двухцепных



Схематичное расположение проводов двухцепной трехфазной ВЛ с одним тросом 110, 220 и 330 кВ:

1 — 3 — провода влияющей линии; 4 — 6 — провода линии под наведенным напряжением; 7 — грозозащитный трос, он также как и отключенная линия находится под наведенным напряжением

Таблица 1

Сводная таблица значений емкостных токов, полученных при расчете, стекающих с воздушных линий под наведенным напряжением (ВЛ ПНН), расположенных на двухцепных опорах

Класс напряжения ВЛ, кВ	Емкостные токи, А			
	LI_4	LI_5	LI_6	$L(I_4 + I_5 + I_6)$
110	1,853	0,241	1,687	1,393
220	3,321	0,462	1,874	2,396
330	7,224	1,147	3,264	6,391

ВЛ. Суммарный ток при заземлении на опору для всех трех классов напряжения меньше наибольшего тока I_4 , что также типично для двухцепных ВЛ. Это говорит о том, что с точки зрения безопасности для двухцепных опор, эффективно заземлять все фазы на опору. Важно учесть тот факт, что если сопротивление заземлителя $R \geq 17,9$ Ом для 110 кВ; $R \geq 10,43$ Ом для 220 кВ и $R \geq 3,91$ Ом для 330 кВ, то наведенное напряжение будет превышать установленное нормами безопасное значение 25 В.

Расчеты емкостного тока, стекающего с ВЛ ПНН 110, 220, 330 и 500 кВ при влияющей ВЛ 110, 220, 330 и 500 кВ, приведены в табл. 2 — 5. Взяты две линии длиной 100 км параллельного следования, влияющая ВЛ и ВЛ ПНН. Расстояние между ВЛ меняется от 15 до 105 м, расчеты емкостных токов проводятся каждые 10 м.

Как следует из табл. 2 — 5, для некоторых классов напряжения при определенных расстояниях невозможно сосчитать емкостной ток, это обусловлено тем, что рассматривается недопустимое расстояние между ВЛ (табл. 6).

Данное требование прописывается в [5, гл. 2.5, п. 2.5.230]: «...при параллельном следовании и сближении ВЛ одного напряжения между собой или с ВЛ других напряжений расстояния по горизонтали должны быть не менее приведенных в табл. 2.5.25 (см. табл. 6) и приниматься по ВЛ более высокого напряжения...».

Исходя из данных табл. 6 расстояние между двумя крайними проводами на соседних ВЛ классом напряжения 110 кВ должно быть не менее 5 м; для 220 кВ — не менее 7 м; при 330 кВ — не менее 10 м; для 500 кВ — не менее 15 м.

Данные табл. 2 — 5 наглядно показывают, что при увеличении расстояния между влияющей ВЛ и ВЛ ПНН значения емкостных токов в заземленных проводах уменьшаются, и ток при заземлении на опору (суммарный ток) больше, чем ток в любой из фаз и практически равен алгебраической сумме токов. Поэтому в случае, когда расстояние между опорами увеличивается, устанавливать заземление на опору не эффективно, в отличие от двухцепных ВЛ, рассмотренных ранее. В этом случае для обеспечения безопасного выполнения работ следует заземлять каждую фазу отдельно.

Таблица 2

Значения емкостных токов в зависимости от расстояния от 15 до 105 м для двух ВЛ на 100 км параллельного следования, влияющая ВЛ 110 кВ

Значение емкостных токов, стекающих с ВЛ ПНН, А	Влияющая ВЛ 110 кВ									
	Расстояние между влияющей ВЛ и ВЛ ПНН, м									
	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
ВЛ ПНН 110 кВ										
LI_4	0,797	0,258	0,115	0,063	0,039	0,026	0,018	0,014	0,011	0,008
LI_5	0,221	0,058	0,039	0,027	0,021	0,016	0,012	0,011	0,008	0,006
LI_6	0,321	0,162	0,089	0,055	0,037	0,027	0,021	0,015	0,012	0,009
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	1,305	0,468	0,241	0,145	0,096	0,068	0,051	0,039	0,031	0,025
ВЛ ПНН 220 кВ										
LI_4	1,089	0,363	0,163	0,087	0,053	0,035	0,025	0,018	0,014	0,011
LI_5	0,226	0,101	0,056	0,036	0,025	0,018	0,014	0,011	0,008	0,007
LI_6	0,287	0,158	0,096	0,063	0,044	0,032	0,024	0,019	0,015	0,013
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	1,553	0,612	0,312	0,185	0,121	0,085	0,063	0,048	0,038	0,031
ВЛ ПНН 330 кВ										
LI_4	–	0,596	0,268	0,142	0,085	0,056	0,039	0,028	0,022	0,017
LI_5	–	0,104	0,061	0,039	0,028	0,021	0,016	0,013	0,011	0,009
LI_6	–	0,173	0,113	0,077	0,055	0,041	0,032	0,025	0,019	0,017
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	0,854	0,435	0,257	0,168	0,117	0,087	0,066	0,052	0,042
ВЛ ПНН 500 кВ										
LI_4	–	–	0,432	0,225	0,131	0,084	0,057	0,041	0,031	0,024
LI_5	–	–	0,109	0,068	0,046	0,033	0,025	0,019	0,015	0,012
LI_6	–	–	0,045	0,034	0,027	0,022	0,018	0,015	0,012	0,009
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	0,581	0,324	0,203	0,138	0,099	0,075	0,058	0,047

Таблица 3

Значения емкостных токов в зависимости от расстояния от 15 до 105 м для двух ВЛ на 100 км параллельного следования, влияющая ВЛ 220 кВВ

Значение емкостных токов, стекающих с ВЛ ПНН, А	Влияющая ВЛ 220 кВ									
	Расстояние между влияющей ВЛ и ВЛ ПНН, м									
	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
ВЛ ПНН 110 кВ										
LI_4	2,539	0,801	0,365	0,202	0,126	0,086	0,061	0,046	0,036	0,028
LI_5	0,694	0,308	0,172	0,109	0,075	0,055	0,041	0,032	0,026	0,021
LI_6	1,115	0,505	0,285	0,179	0,122	0,088	0,066	0,051	0,041	0,033
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	4,22	1,588	0,815	0,489	0,323	0,228	0,169	0,129	0,102	0,083
ВЛ ПНН 220 кВ										
LI_4	–	1,194	0,539	0,295	0,182	0,121	0,086	0,064	0,049	0,039
LI_5	–	0,336	0,191	0,123	0,085	0,062	0,048	0,037	0,029	0,025
LI_6	–	0,552	0,332	0,218	0,153	0,112	0,085	0,067	0,054	0,044
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	2,024	1,047	0,631	0,418	0,295	0,219	0,168	0,133	0,108
ВЛ ПНН 330 кВ										
LI_4	–	2,005	0,893	0,481	0,292	0,193	0,136	0,099	0,076	0,059
LI_5	–	0,351	0,209	0,139	0,099	0,074	0,057	0,046	0,037	0,031
LI_6	–	0,635	0,399	0,272	0,195	0,145	0,112	0,089	0,072	0,059
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	2,874	1,469	0,881	0,582	0,409	0,304	0,233	0,185	0,149
ВЛ ПНН 500 кВ										
LI_4	–	–	1,465	0,764	0,451	0,291	0,201	0,145	0,109	0,085
LI_5	–	–	0,378	0,237	0,162	0,116	0,087	0,068	0,054	0,044
LI_6	–	–	0,162	0,123	0,096	0,076	0,062	0,051	0,043	0,036
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	1,973	1,109	0,701	0,479	0,348	0,263	0,206	0,165

Таблица 4

Значения емкостных токов в зависимости от расстояния от 25 до 105 м для двух ВЛ на 100 км параллельного следования, влияющая ВЛ 330 кВ

Значение емкостных токов, стекающих с ВЛ ПНН, А	Влияющая ВЛ 330 кВ									
	Расстояние между влияющей ВЛ и ВЛ ПНН, м									
	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
ВЛ ПНН 110 кВ										
LI_4	–	2,221	0,975	0,521	0,318	0,211	0,149	0,111	0,085	0,067
LI_5	–	0,823	0,443	0,274	0,185	0,132	0,099	0,077	0,061	0,049
LI_6	–	1,355	0,732	0,451	0,302	0,214	0,159	0,122	0,097	0,078
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	4,332	2,131	1,239	0,801	0,556	0,407	0,309	0,242	0,195
ВЛ ПНН 220 кВ										
LI_4	–	3,388	1,449	0,763	0,458	0,301	0,209	0,154	0,118	0,092
LI_5	–	0,899	0,489	0,306	0,209	0,151	0,114	0,089	0,071	0,058
LI_6	–	1,453	0,845	0,543	0,374	0,271	0,204	0,159	0,127	0,103
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	5,569	2,736	1,597	1,035	0,719	0,527	0,401	0,315	0,253
ВЛ ПНН 330 кВ										
LI_4	–	5,827	2,417	1,254	0,741	0,479	0,332	0,241	0,182	0,142
LI_5	–	0,928	0,531	0,344	0,241	0,178	0,136	0,108	0,087	0,072
LI_6	–	1,656	1,011	0,674	0,476	0,351	0,268	0,209	0,169	0,139
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	8,025	3,855	2,236	1,444	1,002	0,753	0,557	0,437	0,352
ВЛ ПНН 500 кВ										
LI_4	–	–	4,033	2,099	1,153	0,729	0,494	0,353	0,263	0,203
LI_5	–	–	0,985	0,599	0,399	0,283	0,209	0,161	0,127	0,103
LI_6	–	–	0,399	0,299	0,229	0,181	0,146	0,119	0,099	0,084
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	5,305	2,853	1,757	1,181	0,844	0,631	0,489	0,389

Таблица 5

Значения емкостных токов в зависимости от расстояния от 35 до 105 м для двух ВЛ на 100 км параллельного следования, влияющая ВЛ 500 кВ

Значение емкостных токов, стекающих с ВЛ ПНН, А	Влияющая ВЛ 500 кВ									
	Расстояние между влияющей ВЛ и ВЛ ПНН, м									
	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
ВЛ ПНН 110 кВ										
LI_4	–	–	2,932	1,517	0,859	0,527	0,343	0,236	0,169	0,125
LI_5	–	–	1,278	0,729	0,452	0,298	0,207	0,149	0,111	0,085
LI_6	–	–	2,125	1,209	0,746	0,489	0,337	0,242	0,179	0,137
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	6,336	3,457	2,057	1,314	0,887	0,627	0,459	0,346
ВЛ ПНН 220 кВ										
LI_4	–	–	4,413	2,235	1,252	0,759	0,489	0,334	0,237	0,174
LI_5	–	–	1,401	0,804	0,502	0,334	0,234	0,169	0,128	0,098
LI_6	–	–	2,339	1,389	0,887	0,597	0,419	0,306	0,229	0,177
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	8,153	4,429	2,641	1,659	1,144	0,809	0,594	0,449
ВЛ ПНН 330 кВ										
LI_4	–	–	7,386	3,668	2,032	1,219	0,781	0,527	0,371	0,271
LI_5	–	–	1,464	0,866	0,555	0,378	0,269	0,199	0,151	0,118
LI_6	–	–	2,622	1,632	1,078	0,744	0,533	0,394	0,299	0,232
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	11,471	6,166	3,665	2,342	1,583	1,119	0,821	0,621
ВЛ ПНН 500 кВ										
LI_4	–	–	–	6,536	3,464	2,018	1,259	0,832	0,576	0,413
LI_5	–	–	–	1,699	1,034	0,673	0,462	0,329	0,244	0,185
LI_6	–	–	–	0,633	0,461	0,345	0,264	0,206	0,164	0,132
$L(I_4 + I_5 + I_6)$	–	–	–	8,868	4,959	3,036	1,986	1,368	0,982	0,729

Наименьшее расстояние по горизонтали между ВЛ

Участки ВЛ и расстояния	Наименьшее расстояние, м, при напряжении ВЛ, кВ								
	до 20	35	110	150	220	330	500	750	ВЛЗ
Участки нестесненной трассы между осями ВЛ	Высота наиболее высокой опоры*								3
Участки стесненной трассы, подходы к подстанциям: между крайними проводами в неотклоненном положении	2,5	4	5	6	7	10	15	20**	2
От отклоненных проводов одной ВЛ до ближайших частей опор другой ВЛ	2	4	4	5	6	8	10	10	2

* Не менее 50 м для ВЛ 500 кВ и не менее 75 м для ВЛ 750 кВ.

** Для двух и более ВЛ 750 кВ фазировка смежных крайних фаз должна быть разноименной.

Заземление на опору при удалении ВЛ друг от друга может проводиться и считаться безопасным, если сопротивление заземляющего устройства будет мало. По закону Ома можно определить какое сопротивление заземляющего устройства должно быть, чтобы значение наведенного напряжения не превышало 25 В. Из каждой таблицы возьмем значение наибольшего суммарного тока и считаем, что это худший случай, тогда для двух ВЛ, одна из которых находится под наведенным напряжением, сопротивление заземляющего устройства не должно превышать следующих значений: влияющая ВЛ 110 кВ — 16 Ом; 220 кВ — 5,92 Ом; 330 кВ — 3,115 Ом; 500 кВ — 2,17 Ом. В табл. 7 отражены данные по наибольшему сопротивлению, которое может быть у заземляющего устройства опор [5, табл.2.5.19].

Таким образом, при установке заземляющих устройств опор с подходящим нам сопротивлением, значение наведенного напряжения не будет превышать безопасного значения 25 В, а значит выполнение ремонтных работ безопасно.

Поскольку ПОТ допускают заземление в одном месте при работах на ВЛ под наведенным напряжением, необходимо включение расчета емкостного тока для этого случая в Методические указания [3] для оценки безопасности проводимых работ под наведенным напряжением и снижения травматизма среди персонала, обслуживающего ВЛ.

Таблица 7

Наибольшее сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ

Удельное эквивалентное сопротивление грунта ρ , Ом·м	Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, Ом
До 100	10
Более 100 до 500	15
Более 500 до 1000	20
Более 1000 до 5000	30
Более 5000	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

Литература

1. **Правила** по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены Приказом Минтруда №328н от 24.07.2013 г.
2. **ПОТ Р М-016—2001. РД 153-34.0-03.150-00.** Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
3. **СТО 56947007 – 29.240.55.018—2009.** Методические указания по определению наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях, находящихся вблизи действующих ВЛ.
4. **Долин П.А.** Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. **Колечицкий Е.С., Харламова Ю.А.** Расчет емкостного тока с ВЛ, находящихся под наведенным напряжением // *Электробезопасность и энергосбережение* 2014. № 6 (60). С. 5—8.

References

1. **Pravila po Ohrane Truda pri Ekspluatatsii Elektrostanovok.** Utverzhdeny Prikazom Mintruda № 328n ot 24.07.2013 g. (in Russian).
2. **POT R M-016—2001. RD 153-34.0-03.150-00.** Mezhotraslevye Pravila po Ohrane Truda (Pravila Bezopasnosti) pri Ekspluatatsii Elektrostanoovok. (in Russian).
3. **STO 56947007 – 29.240.55.018—2009.** Metodicheskie Ukazaniya po Opredeleniyu Navedennogo Napryazheniya na Otklyuchennyh Vozdushnyh Liniyah, Nahodyashchihya Vblizi Deystvuyushchih VL. (in Russian).
4. **Dolin P.A.** Osnovy Tekhniki Bezopasnosti v Elektrostanoovkah. M.: Energoatomizdat, 1984. (in Russian).
5. **Kolechitskiy E.S., Harlamova Yu.A.** Raschet Emkostnogo Toka s VL, Nahodyashchihya pod Navedennym Napryazheniem. *Elektrobezopasnost' I Energoberezhenie* 2014;6 (60):5—8. (in Russian).

Сведения об авторах

Королев Илья Викторович — кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной экологии и охраны труда НИУ «МЭИ», e-mail: koroleviv@mail.ru

Щербачева Ольга Сергеевна — аспирант, ассистент кафедры инженерной экологии и охраны труда НИУ «МЭИ», e-mail: sherbacheva92@mail.ru

Медведев Виктор Тихонович — доктор технических наук, профессор кафедры инженерной экологии и охраны труда НИУ «МЭИ», e-mail: MedvedevVT@mpei.ru

Бурдюков Дмитрий Алексеевич — старший преподаватель кафедры инженерной экологии и охраны труда НИУ «МЭИ»

Information about authors

Korolev Pya V. — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of Engineering Ecology and Labor Safety Dept., NRU MPEI, e-mail: koroleviv@mail.ru

Shcherbacheva Olga S. — Ph.D.-student, Assistant of Engineering Ecology and Labor Safety Dept., NRU MPEI, e-mail: sherbacheva92@mail.ru

Medvedev Viktor T. — Dr.Sci. (Techn.), Professor of Engineering Ecology and Labor Safety Dept., NRU MPEI, e-mail: MedvedevVT@mpei.ru

Burdyukov Dmitriy A. — Senior Lecturer of Engineering Ecology and Labor Safety Dept., NRU MPEI

Статья поступила в редакцию 05.07.2017