

## О СОГЛАСОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЭП ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Бирюков С.М., Лукин А.С.

Приведены основные несоответствия выявленные в проектах нормативной документации, применяемой при проектировании линий электропередачи различных классов напряжения. Предложены возможные решения, которые позволят нивелировать возникшие ошибки и тем самым упростить процесс проектирования ЛЭП.

В связи с введением в действие федерального закона «О техническом регулировании» в настоящее время идет активное обновление нормативной документации, обеспечивающей процесс проектирования воздушных линий электропередачи (ВЛ).

Совместное рассмотрение (сравнение) обсуждаемых в настоящее время проектов национального стандарта, стандартов организации ОАО РАО «ЕЭС России» и ФСК, определяющих условия создания ВЛ всех классов напряжения, проекта СНиП «Нагрузки и воздействия» выявило настораживающее несоответствие методического обоснования. Подобная несоординированность, если она сохранится в утвержденных документах, может серьезно осложнить процесс проектирования.

Ниже приведены выявленные несоответствия при рассмотрении особенностей определения ветровых и гололедных нагрузок на объекты ВЛ (опоры, провода и грозозащитные тросы). Все, перечисленные выше, нормативные документы оперируют следующими параметрами ветровой и гололедно-ветровой нагрузок:

- максимальное ветровое давление,  $W_0$ ;
- ветровое давление при гололеде,  $W_g$ ;
- толщина стенки гололеда,  $b$ ;
- коэффициент изменения ветрового давления по высоте,  $K_w$ ;
- коэффициент изменения толщины стенки гололеда по высоте,  $K_i$ ;
- тип местности.

Основными источниками определения значений максимального ветрового давления и толщины стенки гололеда являются соответствующие климатические карты районирования или результаты многолетних метеонаблюдений с округлением до ближайшего большего значения из таблицы районирования. Но, если к СНиП прилагаются две достаточно подробные климатические карты, то при определении нагрузок на объекты ВЛ, даже по действующему ПУЭ на большую часть территории страны необходимые карты отсутствуют. При этом следует отметить, что в [2] нормируются расчетные значения максимального ветрового давления, а в остальных документах – нормативные. При расчете ветровых и гололедных нагрузок в [1] и [3] вычисляются как нормативные, так и расчетные нагрузки, а в [4] и [5] – только расчетные.

Существует ряд других несоответствий в нормативных документах в отношении определения нагрузок, используемых при проектировании ВЛ. Так, например, ветровое давление при гололеде  $W_g$ :

- в [2] принимается равным  $0,25 W_0$ ;
- в [1] и [3] принимается по картам районирования, а при их отсутствии  $0,25 W_0$  с округлением до ближайшего значения из перечисляемого ряда;

- в [4] и [5] принимается по картам районирования или по результатам наблюдений с округлением до ближайшего значения из того же ряда.

Таким образом, [4] и [5] никак не нормирует определение  $W_g$  при отсутствии региональных карт районирования и достаточного ряда наблюдений, а они отсутствуют, например, на большую часть территории Сибири.

Аналогичная ситуация обстоит при определении значения толщины стенки гололеда  $b$ :

- в [2] принимается единой для расчета весовых и ветровых нагрузок

- в [1] и [3] расчет весовых нагрузок производится с учетом эквивалентной толщины  $b_э$ , а расчет ветровых нагрузок с учетом условной толщины  $b_y$ ;

- в [4] и [5] нормируемыми величинами являются  $b_э$ , и вновь вводимая «нормативная ветровая нагрузка при гололеде», которая является исходной величиной для расчета  $b_y$ .

Таким образом, для расчета ветровой нагрузки при гололеде каждый стандарт требует наличия двух карт районирования по ветровому давлению при гололеде и по условной толщине стенки гололеда, либо по нормативной ветровой нагрузке при гололеде.

При определении значений коэффициентов изменения ветрового давления  $K_w$  и толщины стенки гололеда  $K_i$  по высоте, а также коэффициента изменения толщины стенки гололеда в зависимости от диаметра провода  $K_d$  также возникают некоторые нестыковки в нормативных документах. Так, например, значения коэффициента  $K_w$  в [1] и [4] нормируются с высоты 15 м, в отличие от [2], [3] и [5], где аналогичные значения коэффициента  $K_w$  нормируются с высоты 10 м. Аналогичным образом определяются значения коэффициентов  $K_i$  и  $K_d$ . Но если в [2] значения коэффициента  $K_w$  заданы как в табличном, так и в аналитическом виде, что в современных условиях является более удобным, то в остальных нормативных документах значения коэффициентов представлены только в табличном виде, а промежуточные значения следует определять методом линейной интерполяции.

Также следует отметить, что значение параметра  $K_w$  зависит не только от высоты, но и от типа местности, на которой сооружается ВЛ, при этом при определении типа местности «В» в [1], [3] и типа местности «С» в [1], [3], [4], [5] вводится, как дополнительное условие определения типа местности, высота опор ВЛ, что в свою очередь может привести к неразберихе при определении коэффициента  $K_w$ . Изменение ветрового давления с высотой определяется шероховатостью подстилающей поверхности и не зависит от высоты сооружения. В связи с этим, предлагается определение типов местности во всех нормативных документах принять согласно СНиП.

Ветровое давление, рассчитанное с учетом высоты, все стандарты требуют округлять до целого числа. Таким образом, определение ветровой нагрузки на провода с учетом заданной точности, требует пересчета этой величины при изменении высоты центра тяжести проводов на 10 см, при этом округленная величина в расчете ветровых нагрузок не участвует.

Несоответствия логического характера встречаются и внутри самих нормативных документов. Так, например, при нормировании значений ветрового давления, в п.2.5.41 [2] указано, что для ВЛ до 20 кВ нормативное ветровое давление при гололеде должно приниматься не менее 200 Па, что соответствует IV ветровому району, для ВЛ 330-750 кВ – не менее 160 Па, это значение соответствует III ветровому давлению. Возникает вопрос: почему для ВЛ до 20 кВ, являющихся распределительными линиями, в большинстве случаев не высокой ответственности, минимальное значение нормативной нагрузки принято больше, по сравнению с магистральными линиями ВЛ 330 – 750 кВ, высокой ответственности. Если же принять во внимание, вводимые в ПУЭ коэффициенты  $\alpha_w$  и  $K_l$ , учитывающих неравномерность ветрового давления по пролету ВЛ и влияние длины пролета на ветровую нагрузку, соответственно, то разница между минимальными нормативными значениями окажется еще больше.

Ветровой пролет для ВЛ до 20 кВ не превышает 150 м, а в большинстве случаев и 50 м. Но если даже рассматривать вариант до 150 м, то выше указанные коэффициенты будут иметь следующие значения:  $\alpha_w = 1,0$ ,  $K_l = 1,05$ . Для ВЛ 330 кВ средний ветровой пролет составляет около 320 м. В этом случае коэффициенты принимают значения  $\alpha_w = 0,83$ ,

$K_l = 1,0$ . Учитывая принятые коэффициенты минимальные значения нормативного ветрового давления составят: для ВЛ 0,38 – 20 кВ  $W_0 = 210 \text{ Па}$ , а для ВЛ 330 кВ  $W_0 = 132,8 \text{ Па}$ . Отличие между полученными значениями составляет более чем 35%, а если рассматривать ВЛ 500 – 750 кВ, то эта разница будет еще больше. При этом следует отметить, что при нормировании минимального значения ветрового давления при отсутствии гололеда для ВЛ 110 – 750 кВ принято значение 500 Па, что соответствует II району по ветру, а для ВЛ низкого напряжения 0,38 – 20 кВ в этом случае минимальное значение  $W$  не нормируется. С другой стороны ВЛ 110 – 220 кВ, имеющие ограничения «снизу» в режиме «максимальный ветер», не имеют ни каких ограничений в режиме «гололед с ветром». А ВЛ 35 кВ вообще не имеют никаких ограничений по ветровому давлению. Такое же ограничение по ветровой нагрузке вводится для ВЛ 0,38 – 20 кВ в [4]. Совсем другая картина возникает при рассмотрении нормативов на ВЛ 110 – 750 кВ. Как в [3], так и в [5] климатические нагрузки приводятся к вероятностной оценке, хотя в [4] и в [1] такой оценки нет. Если в [1] ветровая нагрузка с гололедом нормировалась только для ВЛ 330 – 750 кВ, то в [3] ограничение «снизу» ветрового давления с гололедом, равное 160 Па, что соответствует III району по ветру (как и в [1]), вводится уже для ВЛ 110 – 750 кВ. А вот в режиме «максимальный ветер» значения принятые в [1] и [3] совпадают, ограничение минимального ветрового давления для ВЛ 110 – 750 кВ составляет 500 Па, что соответствует II ветровому району. Ветровая нагрузка при гололеде в [5] определяется несколько иначе: во-первых, при нормировании ветровой нагрузки вместо ветрового давления  $W_g$  вводится погонная ветровая нагрузка, минимальное значение которой для ВЛ 110 – 750 кВ устанавливается на значении 6 Н/м. С другой стороны нормирование в [5] ветровой нагрузки при отсутствии гололеда осуществляется аналогично [3]: минимальное ветровое давление для ВЛ 110 – 750 кВ составляет 500 Па.

Следует отметить, что для вычисления расчетных нагрузок в [4] и [5] применен метод, отличный от других нормативных документов. В данном случае при определении нагрузки используется вероятностная оценка, которая учитывается вводом коэффициента  $K_v$ , зависящего от требуемого уровня надежности ВЛ и коэффициента вариации параметра, при этом коэффициент вариации должен определяться по картам районирования или результатам многолетних наблюдений, а, как уже было сказано выше, существует ряд районов страны, для которых не существует точных карт районирования.

Таким образом, полагаем, что стандарты [3], [4], [5] следует скоординировать на основе единой методики, учитывающей применение программного обеспечения для расчета нагрузок на элементы ВЛ. Предлагаемые изменения приведены ниже.

1. За исходные параметры для определения ветровых и гололедных нагрузок во всех стандартах принять их нормативные значения.  $W_0$ ,  $b_x$ ,  $b_y$ .
2. Все промежуточные округления (до ближайшего значения, до целого числа) полагать допускаемыми, за исключением обязательного округления величин до ближайшего большего значения в таблице районирования.
3. Поскольку для II – VII районов округленное значение  $W_g$  меньше величины 0,25  $W_0$  соответствующего района не более чем на 4% и только для I района разница составляет 20%, предлагается во всех стандартах принимать  $W_g = 0,25 W_0$  во всех районах кроме первого, где  $W_g = 80$ .
4. Так как нормативная ветровая нагрузка при гололеде непосредственно не может быть использована в расчете нагрузок на конкретный провод, предлагается во всех стандартах в качестве нормированного параметра принять условную толщину стенки гололеда  $b_y$ .
5. Значения коэффициентов для вычисления нагрузок, где возможно, представлять в табличном и аналитическом виде.
6. Определения типов местности для коэффициента  $K_w$ , принять по СНиП
7. В расчете нагрузок на провод установить допустимые пределы изменения приведенной высоты провода, не требующие уточнения нагрузок.

8. Нормативные значения нагрузок не определять. Расчет ВЛ, производить на расчетные нагрузки по методике изложенной в [5]. Нормативно установить коэффициенты вариации до появления региональных карт районирования с коэффициентами вариации параметров нормативно установить величины коэффициентов вариации, особенно при отсутствии достаточного ряда наблюдений.
9. Более детально нормировать назначение уровня надежности ВЛ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Правила устройства электроустановок. Раздел 2. Передача электроэнергии. Глава 2.4. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ. Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ. – 7-е изд. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2003. – 192 с.
- [2] Проект СНиП «Нагрузки и воздействия»
- [3] Проект «Национальный стандарт Российской Федерации. Правила устройства воздушных линий электропередачи напряжением свыше 1000 В»
- [4] Проект «Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России». Воздушные линии 0,38 – 20 кВ. Условия создания. Нормы и требования»
- [5] Проект «Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России». Воздушные линии 35 – 750 кВ. Условия создания. Нормы и требования»