

УДК 621.315.1
DOI: 10.36979/1694-500X-2023-23-8-9-17

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ОТ КОРОННОГО РАЗРЯДА НА ПРОВОДАХ ГОРНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПО ОБОБЩЕННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Ш.Б. Дикамбаев, Ю.П. Симаков

Аннотация. Приведены результаты исследований одной из составляющих технических потерь в воздушных линиях электропередачи 220–500 кВ, вызванных коронным разрядом, которые составляют около 20 % (а в некоторых случаях и более) от общих технологических потерь. Для воздушных линий, проходящих в горных условиях на отметках выше 1000 м над уровнем моря, этот показатель может иметь более высокие значения из-за влияния сложных природно-климатических воздействий высокогорья. Разработан проект нового нормативно-технического документа «Руководящие указания по оценке потерь мощности от коронного разряда на воздушных линиях 220–500 кВ с учетом физико-географических и метеорологических условий Кыргызской Республики».

Ключевые слова: линии электропередачи; сверхвысокое напряжение; коронный разряд; потери мощности; конструкции фазы; относительная плотность воздуха; напряженность электрического поля; критерийные координаты.

ЖАЛПЫЛАНГАН МҮНӨЗДӨМӨЛӨР БОЮНЧА ӨТӨ ЖОГОРКУ ЧЫҢАЛУУДАГЫ ТОО АБА ЛИНИЯЛАРЫНЫН ЗЫМДАРЫНДАГЫ КОРОНА РАЗРЯДЫНАН ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫН ЖОГОТУУЛАРЫН БААЛОО

Ш.Б. Дикамбаев, Ю.П. Симаков

Аннотация. Макалада корона разрядынан келип чыккан 220–500 кВ электр өткөргүч аба линияларындагы техникалык жоготуулардын компоненттеринин бирин изилдөөнүн натыйжалары келтирилген, бул жалпы технологиялык жоготуулардын 20%га жакынын (айрым учурларда андан да көп) түзөт. Деңиз деңгээлинен 1000 м бийиктиктеги тоолуу шарттарда өткөн аба линиялары үчүн бул көрсөткүч бийик тоолордун татаал табигый-климаттык таасиринен улам жогорураак мааниге ээ болушу мүмкүн. «Кыргыз Республикасынын физикалык, географиялык жана метеорологиялык шарттарын эске алуу менен 220–500 кВ аба линияларында корона разрядынан электр энергиясынын жоготууларын баалоо боюнча колдонмо» жаңы ченемдик-техникалык документтин долбоору иштелип чыкты.

Түйүндүү сөздөр: электр өткөргүч линиялар; өтө жогорку чыңалуу; корона разряды; кубаттуулукту жоготуу; фазалык конструкциялар; абанын салыштырмалуу тыгыздыгы; электр талаасынын чыңалуусу; критерийлердин координаттары.

ESTIMATION OF POWER LOSSES FROM CORONA DISCHARGE ON THE WIRES OF MOUNTAIN OVERHEAD LINES OF ULTRA-HIGH VOLTAGE ACCORDING TO GENERALIZED CHARACTERISTICS

Sh.B. Dikambaev, Yu.P. Simakov

Abstract. The results of the performed studies of one of the components of technical losses in 220–500 kV overhead transmission lines (overhead lines) of losses caused by corona discharge, which amount to about 20% (and in some cases more), are presented from the total technological losses. For overhead lines passing in mountainous conditions at elevations above 1000 m above sea level, this indicator may have higher values due to the influence of complex natural

and climatic influences of the highlands. A draft of a new regulatory and technical document "Guidelines for assessing power losses from corona discharge on 220-500 kV overhead lines, taking into account the physical, geographical and meteorological conditions of the Kyrgyz Republic" has been developed.

Keywords: power transmission lines; ultrahigh voltage; corona discharge; power losses; phase structures; relative air density; electric field strength; criterion coordinates.

При проектировании линий электропередачи (ЛЭП) сверхвысокого напряжения (СВН) (линии напряжением 500–750 кВ) одной из главных задач является выбор проводов и конструктивных элементов воздушных линий (ВЛ). От правильного решения этой задачи в значительной мере зависит надежность и экономичность электропередачи.

Важнейшими элементами воздушной линии электропередачи являются провода, так как именно они определяют экономические показатели ЛЭП, составляя около 40 % стоимости ВЛ. С технической точки зрения, от конструкции проводов зависят механические нагрузки, которые определяют механический расчет опор и гирлянд изоляторов. Поэтому стоимость ВЛ СВН во многом определяется конструкцией проводов. Выбор сечения проводов и конструкции фазы горной ВЛ в значительной мере определяется условиями ограничения коронного разряда, так как коронный разряд на проводах приводит к дополнительным потерям электроэнергии, составляя около 20 % от общих технических потерь, и является основным источником радиопомех и помех высокочастотным каналам связи.

Корона или коронный разряд на проводах линий электропередачи представляет собой один из видов самостоятельного разряда в воздухе, возникающий при некотором значении приложенного на них напряжения, называемого начальным напряжением короны. При этом, в промежутке «провод-земля» образуется резко-неоднородное электрическое поле, в котором ионизационные процессы возникают в узкой области вблизи провода, называемое «чехлом» короны. Ионизация и сопутствующие ей процессы рекомбинации и перехода возбужденных молекул и ионов в нормальное состояние способствуют выделению большого количества квантов света, благодаря чему вокруг проводов образуется своеобразный светящийся в темноте голубой ореол, откуда и произошло название «корона». Ионы и электроны, создаваемые в чехле короны, под действием сильного электрического поля проводов (провод-плоскость) перемещаются во внешнюю область и снова возвращаются в зону ионизации (при переменном напряжении), что сопровождается протеканием тока. На эти процессы, происходящие вокруг проводов ВЛ (ионизация; рекомбинация; выделение квантов света; токи, вызванные движением ионов и электронов и др.), вызванные коронным разрядом, затрачивается некоторая энергия, которая называется потерями на корону.

Интенсивность коронного разряда зависит от сечения проводов, конструкции фазы ВЛ и метеорологических условий района прохождения трассы линии. Одним из факторов, усиливающих коронный разряд, является относительная плотность воздуха (атмосферное давление и температура), чем ниже плотность воздуха, тем интенсивней коронируют провода.

В нашей республике основная часть существующих ВЛ 500 кВ Токтогульская ГЭС – ПС Фрунзенская и ВЛ 500 кВ ПС Датка – ПС Кемин и перспективных ВЛ сверхвысокого напряжения проходят и будут проходить, в основном, в сложных природно-климатических условиях высокогорья, достигая порой отметок 3–4 тыс. метров над уровнем моря (н.у.м.). С увеличением высоты прохождения трассы ЛЭП над уровнем моря существенно понижается относительная плотность воздуха, а это, как было указано выше, способствует интенсивному коронированию проводов (усилению коронного разряда), что приводит к ощутимым потерям электроэнергии на горных ВЛ, достигающим при определенных условиях десятка и сотен киловатт на один километр линии, что в несколько раз превышает потери на подобной равнинной линии. Поэтому при проектировании (выбор сечения проводов и конструкции фазы) и эксплуатации горных ВЛ, в целях ограничения потерь мощности от короны необходимо знать уровень этих потерь.

К сожалению, до сегодняшнего дня нет точной методики оценки потерь мощности от короны для горных линий электропередачи. Единственным официальным документом, регламентирующим потери на корону для ВЛ СВН, в том числе и горных, были «Руководящие указания по учету потерь на корону при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330–750 кВ и постоянного тока 800–1500 кВ» (РУ-75) [1], выпущенные в 1975 г. в Москве. Длительная практика проектирования горных ВЛ, многолетние исследования потерь на корону на опытных пролетах и действующих ВЛ нашими и зарубежными специалистами, а также публикации последних лет, показали необходимость уточнений существующих и разработки новых уточненных методов оценки потерь мощности от короны на горных линиях электропередачи.

Исключительная сложность природы коронного разряда и отсутствие достаточно отчетливых представлений о физическом механизме процесса короны переменного тока на реальных линиях электропередачи, исключает возможность математического анализа явления и, соответственно, возможность точного определения характеристик короны чисто теоретическим путем. Это обстоятельство определило необходимость экспериментальных исследований короны на реальных проводах ЛЭП и специально сооруженных опытных пролетах ВЛ с различными конструкциями проводов, соответствующих реальным линиям электропередачи. Поэтому, еще со второй половины прошлого века экспериментальные исследования коронного разряда проводились в широких масштабах, значительно опережая теоретические исследования.

За это время накоплено большое количество экспериментальных данных по потерям мощности от короны, полученные на различных экспериментальных установках, на опытных линиях электропередачи, на реальных ВЛ и специально сооруженных опытных пролетах ВЛ. Все эти экспериментальные данные были получены на разных опытных и реальных ВЛ, отличающихся друг от друга конструктивным исполнением и расположенных в различных условиях. Поэтому, на основе имеющихся экспериментальных данных по потерям мощности на корону, начались поиски обоснованного уравнения характеристик короны применительно к ЛЭП СВН, которое позволило бы сознательно анализировать экспериментальные результаты, полученные на опытных пролетах и действующих ВЛ.

В связи с этим возникла необходимость разработки правил пересчета экспериментальных характеристик с условий опыта на другие отличные условия, то есть обобщенных координат для определения потерь от короны.

В настоящее время имеется большое количество предложений об обобщении и пересчете экспериментальных данных по потерям на корону. Конечной целью всех этих предложений является определение величин потерь мощности на корону для иных условий, чем те, при которых были получены исходные экспериментальные данные. К сожалению, ни один из предложенных методов не дает удовлетворительной точности при оценке потерь мощности от короны на проводах горных ВЛ СВН.

В странах СНГ, в том числе в нашей республике, методика расчета потерь на корону долгое время регламентировалась упомянутыми выше «Руководящими указаниями по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330–750 и постоянного тока 800–1500 кВ» изданными в 1975 г. (РУ-75). В 2009 г. этот документ (РУ-75) был переутвержден в Российской Федерации под номером РД 34.20.172.С0153.34.20.172 (РУ-2009) с тем же названием. К большому сожалению, переутвержденный документ РУ-2009 [2] ничем не отличается от предыдущего РУ-75. В него не были внесены соответствующие уточнения, изменения и дополнения в части, относящейся к горным линиям электропередачи, предлагавшиеся ранее разными исследователями и в первую очередь нашими (кыргызскими) специалистами.

Апробации этих нормативных документов РУ-75 [1], РУ-2009 [2] и длительная практика проектирования горных ВЛ СВН показала, что расчет потерь мощности на корону для горных ВЛ дает существенные погрешности. Расчет потерь мощности на корону в этих документах рекомендуется выполнять как для равнинных, так и для горных ВЛ по обобщенным характеристикам, построенным в системе координат:

$$\frac{P}{nr_0^2} = f\left(\frac{E_{\text{э}}}{E_{0(\delta)}}\right), \quad (1)$$

где P – мощность потерь на корону; n – число составляющих проводов в расщепленной фазе; r_0 – радиус составляющего одиночного провода; $E_{\text{э}}$ – эквивалентная напряженность электрического поля на поверхности проводов; E_0 – начальная напряженность появления общей короны на поверхности проводов при хорошей погоде.

Эта система обобщенных координат была предложена в свое время академиком Н.Н. Тиходеевым [3], которая имела вид:

$$\frac{P}{\varepsilon_0 f U_0^2} = f\left(\frac{U}{U_0}\right), \quad (2)$$

где ε_0 – диэлектрическая проницаемость воздуха; f – частота напряжения; U – фазное напряжение линии; U_0 – начальное напряжение появления общей короны.

В дальнейшем при разработке РУ-75 Н.П. Емельяновым [4] было предложено перейти от напряжения к напряженности электрического поля воспользовавшись выражением:

$$U_0 = \frac{2\pi_{\text{н}}\varepsilon_0 r_0 E_0}{k_{\text{н}} C}, \quad (3)$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности распределения заряда по поверхности составляющего расщепленного провода; C – емкость провода.

В этом случае зависимость (2) преобразуется к виду:

$$\frac{P(kC)^2}{\varepsilon_0 f (2\pi\varepsilon_0 n E_0 r_0)^2} = f\left(\frac{E}{E_0}\right). \quad (4)$$

После преобразований и упрощений эта система координат вошла в Руководящие указания [1] в виде (1). Так, например, одним из упрощений было то, что значение начальной напряженности появления общей короны E_0 в знаменателе выражения (4) было принято постоянным, и в связи с этим было опущено как и значение емкости C , диэлектрической постоянной ε_0 , частоты f и других числен-

ных коэффициентов, что пропорционально изменяло лишь функцию $f\left(\frac{E}{E_0}\right)$. На самом деле такое

упрощение правомерно только для равнинных ВЛ, так как относительная плотность воздуха δ на равнине изменяется незначительно. Для высокогорных ВЛ указанное упрощение недопустимо, так как относительная плотность воздуха сильно зависит от высоты прохождения трасы и, следовательно, начальная напряженность появления общей короны будет непостоянна. По этой и другим причинам, которые будут рассмотрены ниже, расчет потерь мощности на корону для горных ВЛ по обобщенным характеристикам (1), рекомендуемым в РУ-75 и РУ-2009, как показала практика, дает существенные погрешности. В связи с этим, возникает задача уточнения системы координат, обобщающей опытные данные по потерям на корону с учетом относительной плотности воздуха, которые позволили бы более точно прогнозировать уровни потерь на корону для горных ВЛ.

Обобщенная система координат (1), как уже было отмечено выше, была получена после различных преобразований и упрощений системы координат (2).

В свою очередь эти координаты были разработаны Н.Н. Тиходеевым на основе теории подобия и физического моделирования [3, 5]. Для анализа и уточнения систем координат (1) и (2) мы также обратимся к теории подобия и физического моделирования.

При этом критериальное соотношение характеристик короны в соответствии с [3] в общем случае будет иметь вид:

$$\frac{P}{\varepsilon_0 f U_0^2} = \theta \left(\frac{U}{U_0}, \frac{r_0^2 f}{k_+ U_0}, \frac{\mu \varepsilon_0}{k_+ e_0}, \frac{k_+}{k_-}, q \right), \quad (5)$$

где k_+ – коэффициент подвижности положительных ионов; k_- – коэффициент подвижности отрицательных ионов; μ – коэффициент объемной рекомбинации; e_0 – элементарный заряд; ε_0 – диэлектрическая проницаемость воздуха; q – геометрические параметры ВЛ.

С помощью этих критериальных координат проанализируем задачу, в которой одна и та же конструкция фазы идентичных ВЛ рассматривается на опытных пролетах при одном и том же напряжении, но один из пролетов расположен на равнине ($\delta = 1$), а второй в горах ($\delta < 1$). При этом критериальное соотношение (5) для равнинной ВЛ будет иметь вид:

$$\frac{P_p}{\varepsilon_0 f U_0^2(1)} = \theta \left(\frac{U}{U_0(1)}, \frac{r_0^2 f}{k_+ U_0(1)}, \frac{\mu \varepsilon_0}{k_+ e_0}, \frac{k_+}{k_-}, q \right), \quad (6)$$

где P_p – мощность потерь от короны на равнинной ВЛ; $U_0(1)$ – начальное напряжение общей короны при $\delta = 1$ (равнинная ВЛ); q_p – геометрические параметры равнинной ВЛ.

С учетом пониженной плотности воздуха для горной ВЛ критериальные координаты примут вид:

$$\frac{P_r}{\varepsilon_0 f U_0^2(\delta)} = \theta \left(\frac{U}{U_0(\delta)}, \frac{r_0^2 f}{k_+ U_0(\delta)}, \frac{\mu \varepsilon_0}{k_+ e_0}, \frac{k_+}{k_-}, q \right) \quad (7)$$

где P_r – мощность потерь от короны на горной ВЛ; $U_0(\delta)$ – начальное напряжение общей короны при $\delta < 1$ (горная ВЛ).

Проанализируем критерии подобия, предложенные Н.Н. Тиходеевым [3], входящие в уравнение (7).

Итак, геометрические параметры q можно опустить, так как по принятому условию рассматриваются идентичные линии с одинаковыми конструкциями фаз.

При изменении относительной плотности воздуха δ критерий $\frac{k_+}{k_-}$ останется постоянным, так как

соотношение подвижностей положительных и отрицательных ионов не должно меняться, то есть

$$k_+ = A_1 \frac{1}{\delta}, \quad k_- = A_2 \frac{1}{\delta},$$

где A_1 и A_2 – некоторые постоянные.

Критерий $\frac{\mu \varepsilon_0}{k_+ e_0}$ не выполняется, поскольку при $\delta_r < \delta_p$ (δ_r и δ_p – плотность воздуха соответственно для горной и равнинной ВЛ).

но для горной и равнинной ВЛ).

$$\mu = A_3 \delta \quad \text{и} \quad \frac{\mu \varepsilon_0}{k_+ e_0} = \frac{A_3}{A_1} = \frac{\varepsilon_0}{e_0} \delta^2.$$

Критерий гомохронности $H_0 \approx \frac{r_0^2 f}{k_+ U_0(\delta)}$ приблизительно выполняется, если вместо k_+ подставить его значение и принять, что $U_0(\delta) \approx \delta U_0(1)$, получаем:

$$H_0 \approx \frac{r_0^2 f}{A_1 \left(\frac{1}{\delta}\right) \delta U_0(1)} = \frac{r_0^2 f}{A_1 \delta U_0(1)} = \frac{r_0^2 f}{A_1 U_0(1)}, \text{ значит этот критерий приблизительно выполняется.}$$

Следовательно, при уменьшении δ не выполняется только критерий $\frac{\mu \varepsilon_0}{k_+ e_0}$, учитывающий рекомбинацию ионов. В связи с тем, что мы рассматриваем местную корону, которой сопутствует малая плотность объемных зарядов, то трудно ожидать, что этот критерий может оказывать существенное влияние на обобщенные потери θ .

Таким образом, допуская, что последний критерий не существует, получаем:

$$\frac{P_r}{\varepsilon_0 f U_0^2(\delta)} = \theta \left(\frac{U_r}{U_0(\delta)} \right), \quad (8)$$

$$\frac{P_p}{\varepsilon_0 f U_0^2(1)} = \theta \left(\frac{U_p}{U_0(1)} \right). \quad (9)$$

При одинаковых отношениях рабочего напряжения к начальному напряжению общей короны, на каждой линии, т. е.

$$\frac{U_r}{U_0(\delta)} = \frac{U_p}{U_0(1)}, \quad (10)$$

соотношение мощности потерь от короны на горной ВЛ к равнинной будет иметь вид:

$$\frac{P_r}{P_p} = \frac{U_0^2(1)}{U_0^2(\delta)}. \quad (11)$$

$$\text{Отсюда, } P_r = P_p \frac{U_0^2(1)}{U_0^2(\delta)}. \quad (12)$$

При одинаковых рабочих напряжениях на обеих линиях, т. е. $U_r = U_p = U$, соотношение (10) примет вид:

$$\frac{U}{U_0(\delta)} = \frac{U}{U_0(1)} \frac{E_0(1)}{E_0(\delta)}, \quad (13)$$

где $E_0(1)$ и $E_0(\delta)$ – начальные напряженности общей короны, соответственно, для равнинной и горной ВЛ; U – рабочее напряжение линий.

Следовательно,

$$P_r \left(\frac{U}{U_0(1)} \cdot \frac{E_0(1)}{E_0(\delta)} \right) = \frac{U_0^2(1)}{U_0^2(\delta)} P_p \left(\frac{U}{U_0(\delta)} \cdot \frac{E_0(\delta)}{E_0(1)} \right). \quad (14)$$

Поскольку по принятому условию задачи рассматриваются конструкции фазы с одинаковыми параметрами, то будут справедливы следующие соотношения:

$$\frac{U_0(\delta)}{U_0(1)} = \frac{E_0(\delta)}{E_0(1)}, \quad \frac{U}{U_0(1)} = \frac{E}{E_0(1)}, \quad \frac{U}{U_0(\delta)} = \frac{E}{E_0(\delta)}, \quad (15)$$

где E – напряженность на поверхности проводов при данном напряжении U .

Учтя соотношения (15), выражение (14) можно записать в виде:

$$P_r \left(\frac{E}{E_0(1)} \cdot \frac{E_0(1)}{E_0(\delta)} \right) = \frac{E_0^2(1)}{E_0^2(\delta)} P_p \left(\frac{E}{E_0(\delta)} \cdot \frac{E_0(\delta)}{E_0(1)} \right), \quad (16)$$

или в координатной форме (см. рисунок 1):

$$P = \frac{E_0^2(\delta)}{E_0^2(1)} = f \left(\frac{E}{E_0(\delta)} \cdot \frac{E_0(\delta)}{E_0(1)} \right). \quad (17)$$

С учетом радиуса и числа составляющих проводов в расщепленной фазе, имеем:

$$\frac{PE_0^2(\delta)}{nr_0^2 E_0^2(1)} = f \left(\frac{E}{E_0(\delta)} \cdot \frac{E_0(\delta)}{E_0(1)} \right). \quad (18)$$

Таким образом, мы получили правило пересчета потерь мощности от короны с условий высокогорной ВЛ на условия равнинной ВЛ. Аналогичным образом можно получить правило обратного пересчета, т. е. по потерям от короны на равнинной ВЛ можно найти потери мощности от короны для высокогорной:

$$\frac{PE_0^2(1)}{nr_0^2 E_0^2(\delta)} = f \left(\frac{E}{E_0(1)} \cdot \frac{E_0(1)}{E_0(\delta)} \right). \quad (19)$$

В полученных выражениях (18) и (19) аргументы функций выглядят как бы некорректно (с математической точки зрения), так как на самом деле аргументами являются соответственно для равнинной ВЛ отношение $E/E_0(1)$, а для горной – $E/E_0(\delta)$, но запись в виде произведения отношений

$$\frac{E}{E_0(\delta)} \cdot \frac{E_0(\delta)}{E_0(1)} \text{ и } \frac{E}{E_0(1)} \cdot \frac{E_0(1)}{E_0(\delta)}$$

является наглядной и удобной при выполнении пересчетов с одних условий на другие при наличии экспериментальных характеристик потерь на корону. Например, пусть дана характеристика потерь для высокогорной ВЛ: $p = f(E/E_0(\delta))$. Чтобы по ней построить кривую для равнинной, необходимо аргумент $E/E_0(\delta)$ умножить на отношение $E_0(\delta)/E_0(1)$, а потери (значение функции при данном аргументе) – умножить на отношение $E_0^2(\delta)/E_0^2(1)$. Аналогично для обратного пересчета.

Таким образом, для выполнения пересчетов потерь мощности от короны с условий высокогорной ВЛ на условия равнинной линии, рекомендуется использовать правило пересчета именно по формуле (18), и для обратного пересчета – по формуле (19), несмотря на некорректность (с математической точки зрения) формы записи аргументов функций.

В качестве примера на рисунке 1 приведены результаты пересчета потерь мощности от короны для ВЛ 500 кВ с условий высокогорья на равнинные условия и обратный пересчет с условий равнины на высокогорные. Для этого в качестве данных по потерям мощности от короны на равнинной ВЛ ($\delta = 1$) была использована обобщенная характеристика (рисунок 1) из Руководящих указаний... [1; 2], а на горной ВЛ – данные, полученные на Высокогорной научно-исследовательской станции у перевала Тюз-Ашу на высоте 3050 м над уровнем моря ($\delta = 0,74$) [6], характеристика 2 (рисунок 1). Как видно на рисунке, результаты пересчетов по предложенным правилам (16) и (17), с использованием обобщенных характеристик (18) и (19), дают удовлетворительное совпадение.

Таким образом, имея базовую обобщенную характеристику потерь мощности от короны, например характеристику 1 на рисунке 1, построенную для равнинной ВЛ при ($\delta = 1$), можно построить

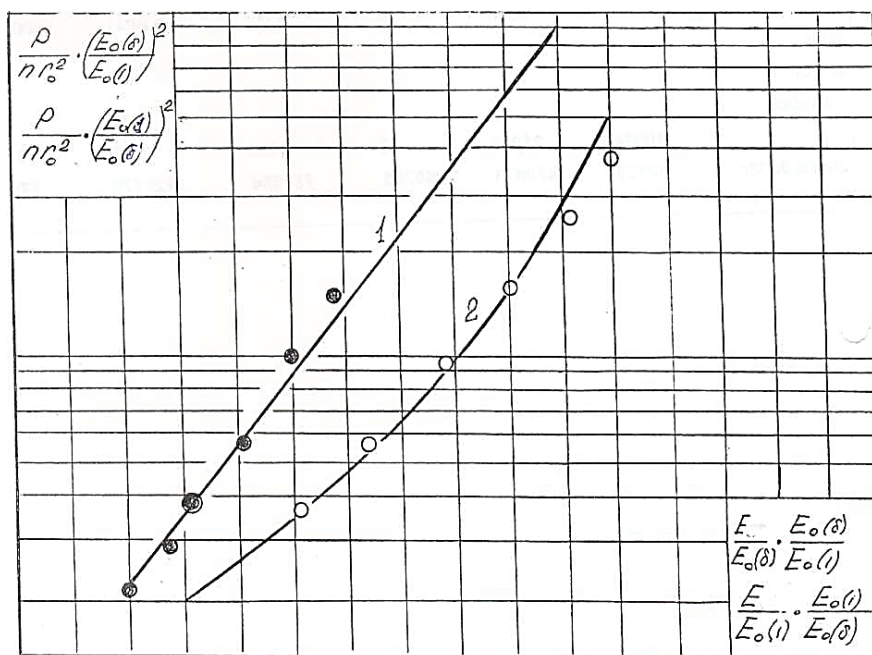


Рисунок 1 – Результаты обобщений в разработанных координатах для хорошей погоды (без учета влияния атмосферных осадков): 1 – обобщенная характеристика из РУ [1]; 2 – обобщенная кривая Тюз-Ашу из [6]; ● – результаты пересчетов данных Тюз-Ашу на равнинные условия, ○ – результаты пересчетов равнинных данных (РУ) на условия Тюз-Ашу

характеристику коронных потерь для горной ВЛ при ($\delta < 1$), проходящей на любой отметке над уровнем моря.

В связи с изложенным выше, и на основании новых результатов исследований, выполненных в последние годы, в раздел «Расчет мощности потерь на корону для горных ВЛ переменного тока» действующих РУ-2009 [2], необходимо внести соответствующие изменения и дополнения, и разработать новый вариант нормативного документа, основанного на достоверных результатах научных исследований коронного разряда на проводах горных ВЛ. Такой документ: «Руководящие указания по оценке потерь мощности от коронного разряда на ВЛ 220-500 кВ с учетом физико-географических и метеорологических условий Кыргызской Республики» [7] был разработан в процессе выполнения настоящей работы.

Поступила: 30.06.23; рецензирована: 14.07.23; принята: 19.07.23.

Литература

1. Руководящие указания по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330–750 кВ и постоянного тока 800–1500 кВ. М.: СЦНТИ, ОРГРЭС, 1975. 80 с.
2. Руководящие указания по учету потерь мощности на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330–750 кВ и постоянного тока 800–1500 кВ. М., 2009. 78 с.
3. Тиходеев Н.Н. Критериальные соотношения в теории короны / Н.Н. Тиходеев // Электричество. 1957. № 4. С. 25–29.

4. *Емельянов Н.П.* Коронный разряд на проводах / Н.П. Емельянов, В.С. Козлов. Минск: Наука и техника, 1971. 240 с.
5. *Воробьев А.В.* О физическом моделировании характеристик короны / А.В. Воробьев, Н.Н. Тиходеев // ЖГФ. 1955. Т. 25. № 11. С. 268–275.
6. Исследования потерь мощности на корону на высокогорных линиях электропередачи переменного тока / Ш.Б. Дикамбаев, В.А. Костюшко, И.О. Ордоков, Н.П. Емельянов // Сб. науч. тр. ВНИИЭ. Исследования и испытания в электроустановках 750–1150 кВ. М.: Энергоатомиздат, 1990. С. 131–141.
7. Проведение исследований потерь электроэнергии в сетях напряжением 110–500 кВ Кыргызской энергосистемы с целью корректировки нормативных характеристик и разработки соответствующих нормативных документов / Исполнители: к.т.н. Ш.Б. Дикамбаев, к.т.н. Ю.П. Симаков и др. // Отчёт по НИР. НИИЭЭ при МЭ КР. Бишкек, 2022. 143 с.