INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Pirmatov Nurali Berdiyarovich	–	Professor of the Department of Electrical Machines and Drive Engineering; Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan. E-mail: npirmatov@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5212-2593
Egamov Akmal Mamarasulovich	–	Senior Lecturer of the Department of Electrical Machines and Drive Engineering; Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan. E-mail: egamov5880@gmail.com ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8339-4487
Mamarasulov Nodir Akmal ugli	–	PhD Student of the Department of Electrical Machines and Drive Engineering; Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, 100095, Tashkent, University Str., 2, Uzbekistan. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-3666-8758

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПУТЁМ МОНИТОРИНГА И СНИЖЕНИЯ КОРОННЫХ ПОТЕРЬ

Товбоев А.Н., Тогаев И.Б.

Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

Doi: 10.5281/zenodo.23664333

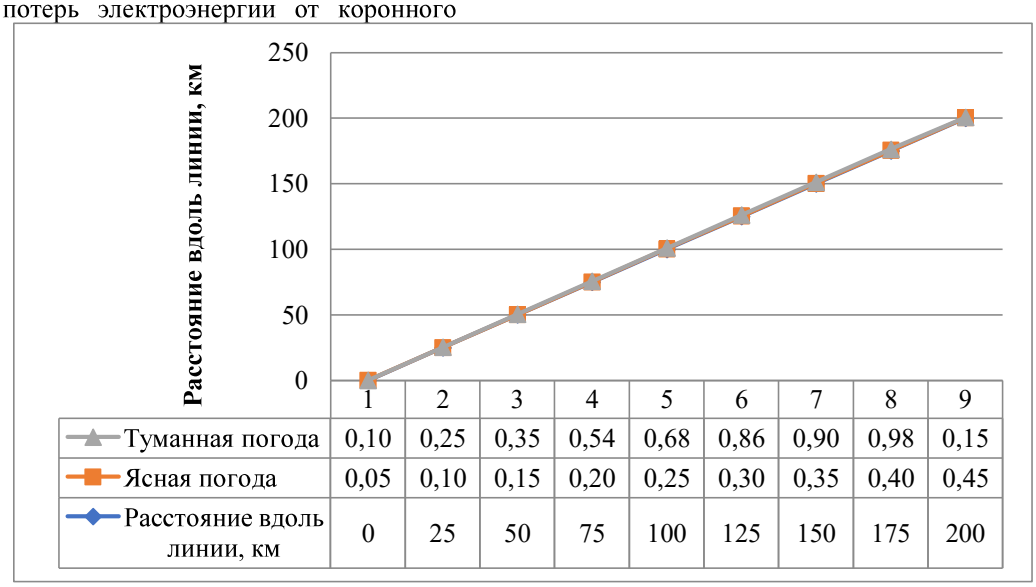
АННОТАЦИЯ В статье исследуются вопросы мониторинга и снижения потерь электроэнергии, вызванных коронным разрядом на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения. Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения энергетической эффективности электрических сетей, сокращения технологических потерь и обеспечения надежности электроснабжения в условиях возрастающих нагрузок и усложнения режимов эксплуатации энергосистем. Проведен анализ факторов, влияющих на интенсивность коронного разряда, включая уровень рабочего напряжения, конструктивные параметры проводов, состояние их поверхности, климатические условия и характеристики окружающей среды. Предложен комплексный подход к организации непрерывного мониторинга коронных процессов на основе совместного использования электрических, электромагнитных и метеорологических параметров. Рассмотрены возможности применения современных цифровых технологий для оперативного контроля технического состояния воздушных линий электропередачи и прогнозирования энергетических потерь. Выполнена оценка влияния коронного разряда на показатели эффективности передачи электроэнергии, а также определены основные направления снижения потерь за счет совершенствования конструктивных и эксплуатационных характеристик линий. Результаты исследования показывают, что внедрение систем непрерывного мониторинга позволяет своевременно выявлять участки сети с повышенной интенсивностью коронных процессов, повышать достоверность оценки потерь электроэнергии и принимать эффективные технические решения по их снижению. Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенного подхода при модернизации высоковольтных электрических сетей, направленной на повышение энергоэффективности и надежности функционирования объектов электроэнергетики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА воздушные линии электропередачи; коронный разряд; коронные потери; мониторинг технического состояния; энергетическая эффективность; высокое напряжение; интеллектуальные системы мониторинга; электрические сети; потери электроэнергии; цифровизация электроэнергетики.

Введение

Оценка мгновенных, среднесуточных и среднегодовых потерь электроэнергии в высоковольтных воздушных линиях электропередачи, а также интеграция результатов расчёта мощностных потерь от коронного разряда

в аналитические и оптимизационные платформы, предназначенные для оценки устойчивых режимов работы электроэнергетических систем, требуют разработки специализированной технологической базы. Данная база должна также включать углублённое исследование погрешностей, присущих существующим методам определения потерь тока, обусловленных коронным разрядом и токовой нагрузкой проводников, с последующим совершенствованием этих методов в целях повышения точности расчётов. В настоящее время существует ряд аналитических подходов и диагностических методов, однако оценка малых по величине потерь электроэнергии от коронного разряда, особенно в условиях повышенной влажности атмосферного воздуха, а также чувствительность методов оперативного измерения потерь в проводниках по-прежнему относятся к числу наиболее актуальных научных задач для высоковольтных воздушных линий электропередачи. Указанные методические аспекты играют важную роль в обеспечении надёжности и эффективности современных систем передачи электрической энергии [1-3]. Перемещение любого материального объекта из одной точки в другую неизбежно связано с определёнными затратами.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Туманная погода	0,10	0,25	0,35	0,54	0,68	0,86	0,90	0,98	0,15
Ясная погода	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Расстояние вдоль линии, км	0	25	50	75	100	125	150	175	200

Рис.1. Зависимость коронных потерь от погодных условий и расстояния вдоль линии

На графике показано изменение потерь мощности на корону в зависимости от расстояния вдоль линии при различных погодных условиях. Анализ кривых показывает, что при туманной погоде величина коронных потерь выше, чем в ясную погоду, что связано с повышенной влажностью воздуха и усилением ионизационных процессов вблизи поверхности проводов. Коронное явление снижает надежность изоляционной системы, приводит к деградации изоляционного материала и в конечном итоге может вызвать отказ всей системы вследствие электрического пробоя диэлектрика. Актуальность данного исследования заключается в том, что параметры, характерные для процесса коронирования в высоковольтных линиях электропередачи, оказывают отрицательное влияние на потери электрической энергии. Это обусловливает необходимость всестороннего анализа указанных параметров и разработки эффективных мер по минимизации их неблагоприятного воздействия [4, 5]. Для определения условия возникновения коронного разряда максимальная напряжённость электрического поля на поверхности проводника определяется по следующему выражению (1):

$$E_{мах} = \frac{2U}{r\ ln(\frac{D}{r})} \qquad (1)$$

Здесь ($E_{мах}$)-максимальная напряжённость электрического поля на поверхности проводника, кВ/м; (U)-напряжение, В; (r)-радиус проводника, см или м; (D)-среднее расстояние между фазами, см или м. Для учёта влияния атмосферных условий относительная плотность воздуха определяется по следующему выражению (2):

$$\delta = \frac{3{,}92p}{273+t} \qquad (2)$$

Здесь (p)-атмосферное давление, см рт. ст.; (t)-температура воздуха, °C. Данное выражение применяется для определения относительной плотности воздуха и имеет важное значение при оценке коронного разряда, поскольку плотность воздуха изменяется в зависимости от атмосферного давления и температуры, что, в свою

очередь, непосредственно влияет на электрическую прочность среды вокруг проводника. На основе мониторинговых данных относительные потери мощности, возникающие вследствие коронного разряда, оценивались с использованием следующего выражения (3):

$$\Delta P = k \cdot E_{max} \cdot r \quad (3)$$

Здесь k-коэффициент, учитывающий эмпирические особенности процесса коронирования; для высоковольтных воздушных линий электропередачи $k \approx 3 \cdot 10^{-12}$; $\Delta P_{кор}$-потери мощности вследствие коронного разряда, Вт или кВт; $E_{мах}$-максимальная напряжённость электрического поля на поверхности проводника, кВ/м; r-радиус проводника, см или м. На основе указанных математических выражений выполняется обработка данных, полученных из систем мониторинга, и комплексно анализируется влияние напряжённости электрического поля, изменения параметров проводника, а также атмосферных условий на процесс коронирования. Полученные результаты позволяют определить закономерности развития коронного разряда на высоковольтных воздушных линиях электропередачи и дать научно обоснованную оценку мерам по снижению потерь электрической энергии.

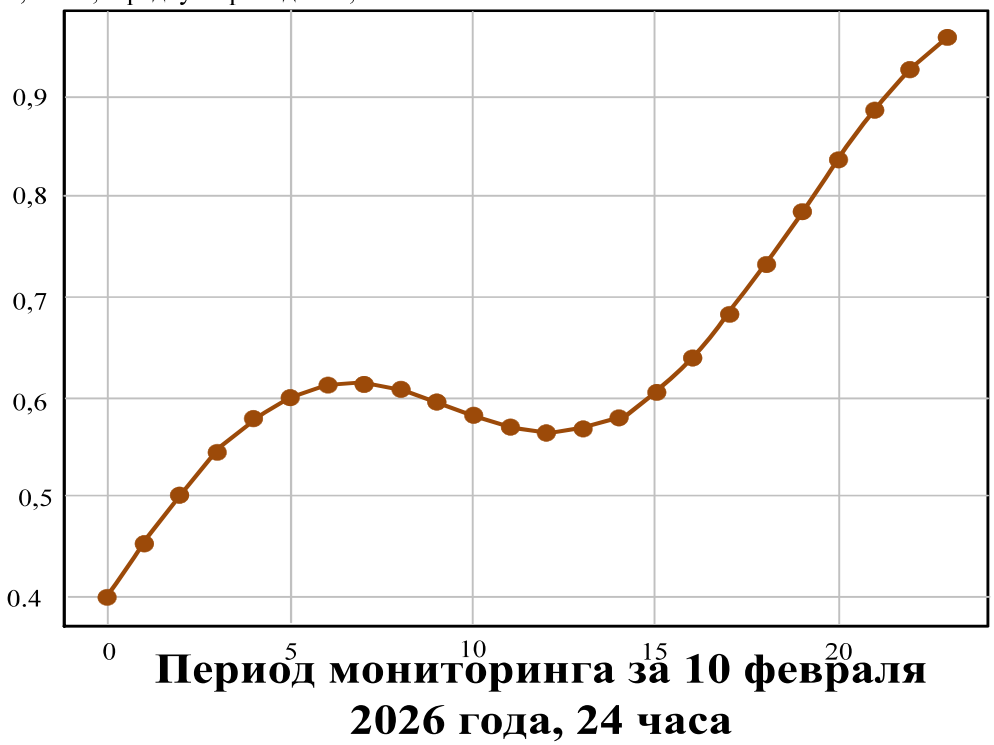


Рис. 2. Изменение коронных потерь во времени на основе данных мониторинга

График обобщён и построен на основе мониторинговых данных с целью отображения зависимости между относительной влажностью воздуха и потерями мощности вследствие коронного разряда. По оси абсцисс приведена относительная влажность воздуха, %, а по оси ординат — потери мощности на коронирование, кВт/км. График отражает общую тенденцию, выявленную по результатам реальных наблюдений. В результате интенсифицируются процессы ионизации электрического поля, вследствие чего возрастают и потери активной мощности. На рис. 3 в графическом виде представлена зависимость между относительной влажностью воздуха и потерями мощности вследствие коронного разряда, полученная на основе мониторинговых данных.

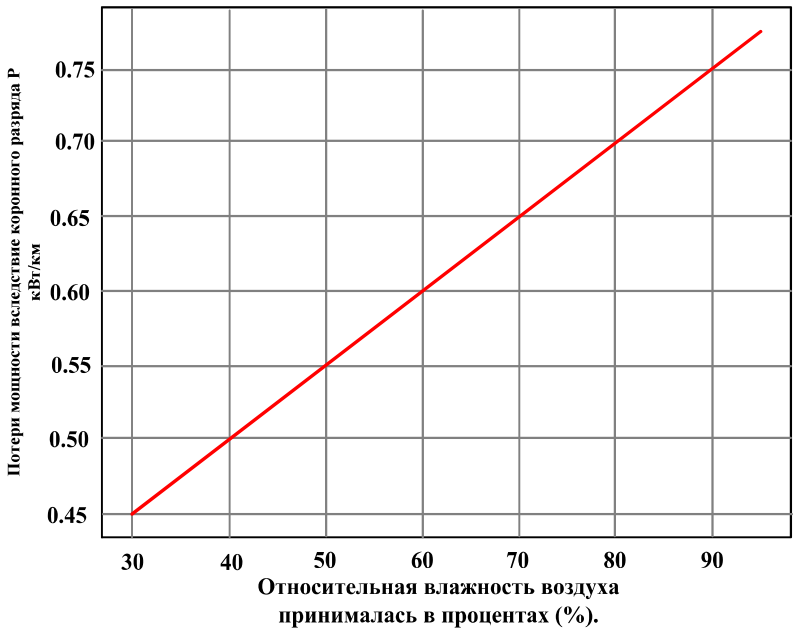


Рис. 3. Зависимость влажности воздуха и коронных потерь на основе данных мониторинга

На основе экспериментальных данных, полученных с помощью системы мониторинга, был выполнен анализ распределения потерь мощности вследствие коронного разряда на различных участках воздушной линии электропередачи напряжением 220 кВ. Полученные результаты показывают, что на отдельных участках линии под воздействием напряжённости электрического поля и факторов внешней среды коронные потери имеют относительно повышенные значения. При этом система мониторинга позволяет оценивать данный процесс в территориальном разрезе. Указанная зависимость в графическом виде представлена на рис. 4.

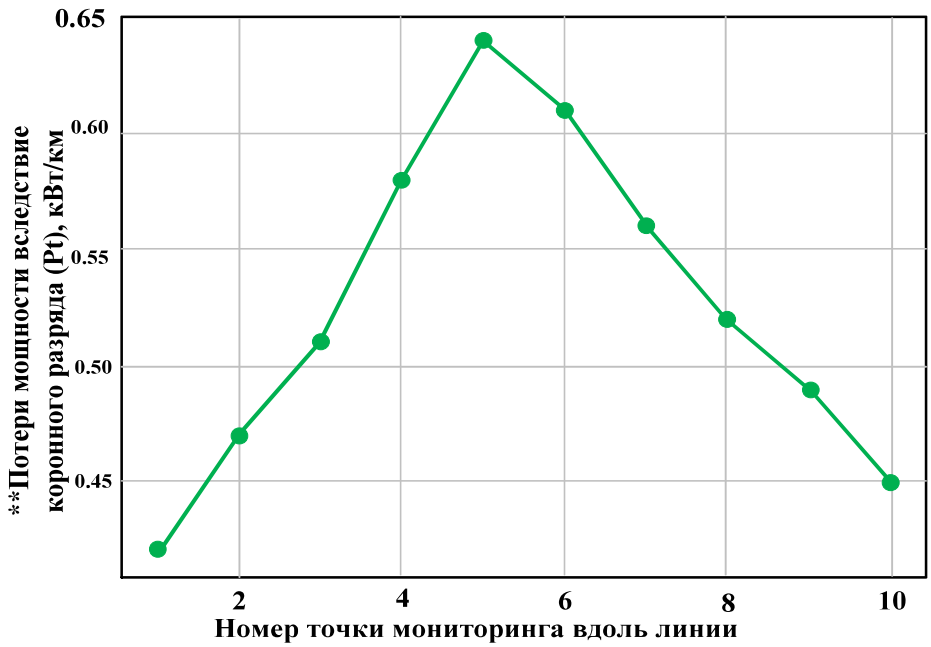


Рис. 4. Распределение коронных потерь на линии электропередачи напряжением 220 кВ на основе данных мониторинга

Для определения характеристик коронных потерь необходимо располагать данными о непрерывном изменении метеорологических параметров и потерь на коронирование в течение периода солнечной активности, составляющего 10–12 лет, поскольку циклическая повторяемость метеорологических явлений во многом определяется именно данным периодом солнечной активности [6, 7]. На теоретическом этапе радиальное распределение напряжённости электрического поля вокруг проводника в цилиндрической системе координат выражается на основе уравнения Лапласа (формула 4):

$$\nabla^2\phi = 0 \qquad (4)$$

где φ-электрический потенциал. Напряжённость электрического поля определяется следующим образом на основе формулы (5):

$$E(r) = -\frac{d\phi}{dr} = \frac{U}{r\,ln\frac{D}{r_0}} \qquad (5)$$

где (U)-фазное напряжение; (r)-радиус проводника; (D)-эквивалентное междуфазное расстояние. Условие начала коронного разряда определяется равенством напряжённости электрического поля её критическому значению согласно формуле (6):

$$E(r_0) \geq E_{эп} \qquad (6)$$

где ($E_{эп}$)-критическая напряжённость электрического поля, соответствующая ионизации среды; она имеет функциональную зависимость от атмосферного давления, влажности и состояния поверхности проводника. На основе мониторинга потери мощности вследствие коронного разряда были преобразованы в потери электроэнергии путём интегрирования по времени согласно формуле (7):

$$W_{пот} = \int_0^T P_{пот}(t)\,dt \qquad (7)$$

где (T)-период наблюдения, соответствующий суточному или годовому интервалу. Активные потери мощности, связанные с нагрузкой, определяются по классическому выражению (формула 8):

$$P_{пот} = I^2R(T) \qquad (8)$$

где I-ток в линии; R(T)-активное сопротивление, зависящее от температуры.

Данные, полученные на основе мониторинга, показали, что в условиях приближения напряжённости электрического поля к критическим значениям коронные потери имеют нелинейный характер. В частности, с повышением уровня напряжения наблюдается резкое увеличение доли потерь мощности вследствие коронного разряда по сравнению с нагрузочными потерями, что усиливает роль коронирования в структуре суммарных потерь электроэнергии. Общие потери в высоковольтных воздушных линиях электропередачи и на подстанциях приведены в таблице 1.

Таблица-1.

Общие потери электрической энергии и их структурные составляющие

Потери в режимах перегрузки	64 %
Потери в процессе коронного разряда	20 %
Потери холостого хода силового трансформатора, установленного на подстанции	8 %
Потери в реакторном блоке, установленном на подстанции	2 %
Суммарные потери в измерительных трансформаторах и ограничителях перенапряжения	3 %
Суммарные потери в конденсаторных установках	3 %

Экономические показатели коронных потерь в высоковольтных воздушных линиях электропередачи представлены в таблице 2.

Таблица-2.

Общие сведения о потерях электроэнергии в воздушных линиях электропередачи напряжением 220–750 кВ

Напряжение, кВ	**Марка проводника**	**Экономическая оценка потерь энергии, кВт·ч/км**		
		Для летнего периода	Для зимнего периода	За год в целом
220	АПВ-300	7312	10223	17535
330	2×АПВ-240	9443	12989	22341
500	3×АПВ-400	6963	8600	15563
750	4×АПВ-500	20623	27292	47915

Данные о среднегодовой продолжительности погодных условий, полученные на основе обобщения результатов метеорологического мониторинга, проводимого метеорологическими станциями, приведены в таблице 3.

Таблица-3.

Показатели среднегодовой продолжительности метеорологических условий

Город	При хорошей погоде, ч/год	При повышенной влажности, ч/год	При сухом снеге, ч/год	При тумане, ч/год	При дождливой погоде, ч/год	При гололёде, ч/год
Навои	5030	715	381	497	401	1717
Зарафшан	4980	695	295	380	395	1690

Если же линия находится в неблагоприятных погодных условиях, коронные потери возрастают, а оптимальное напряжение линии становится значительно ниже эксплуатационного напряжения и составляет 0,5–0,85 от его значения. В таблице 4 приведены результаты расчёта оптимальных значений напряжения, обеспечивающих минимизацию потерь в линиях электропередачи.

Таблица-4.

Показатели расчёта оптимального напряжения при снижении потерь в питающей линии

Показатель	Значение
Продолжительность устойчивого возрастания потерь в процессе коронирования	2,33 ч
Среднее значение напряжения в конце линии	750,04 кВ
Среднее значение активной мощности в конце линии	656,03 МВт
Среднее значение реактивной мощности в конце линии	147,09 Мвар
Средняя активная мощность потерь вследствие коронного разряда	14,65 МВт
Средние нагрузочные потери	10,49 МВт
Суммарные потери активной мощности в линии	25,14 МВт
Среднее значение оптимального напряжения в конце линии	627,45 кВ
Суммарные потери напряжения в линии	21,60 кВ
Снижение суммарной мощности потерь в линии	3,54 МВт

Методы исследования

При моделировании и оценке процессов коронированы в высоковольтных линиях электропередачи на основе мониторинга важным источником диагностической информации является схема, представленная на рис. 5.

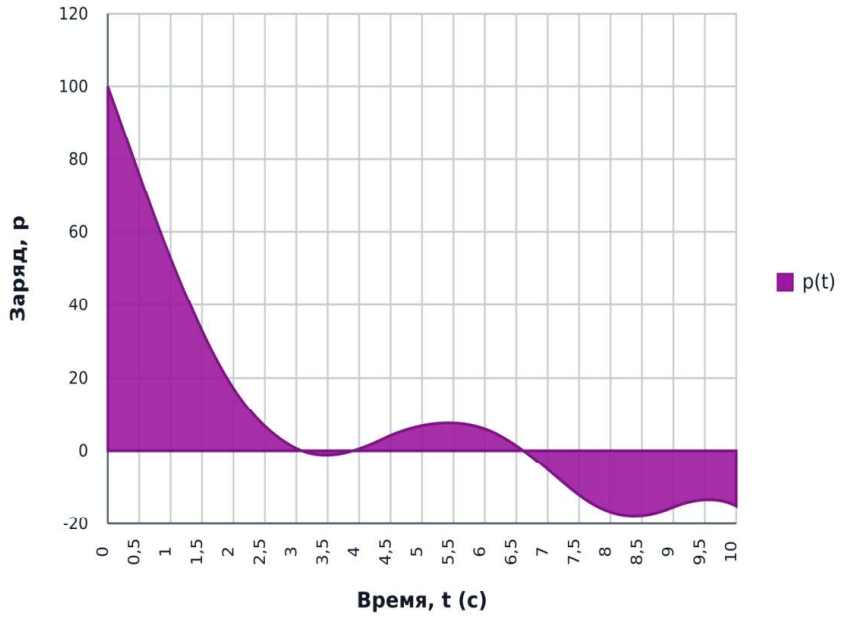


Рис. 5. Стадия рекомбинации и равновесия

В данном случае представлена закономерность изменения плотности заряда ρ(t) во времени. Как видно из графика, в начальный момент времени плотность заряда имеет высокое значение и с течением времени резко уменьшается по характеру, близкому к экспоненциальному. Это объясняется процессами рекомбинации носителей заряда в среде, нейтрализации ионов, а также

распространением зарядов под воздействием электрического поля. Данная динамическая характеристика подтверждает неравномерное распределение зарядов во времени в условиях коронного разряда, а также наличие нелинейных электромагнитных процессов. Во влажном воздухе плотность воздуха уменьшается, вследствие чего снижается порог ионизации воздуха. Поэтому повышенная влажность облегчает возникновение коронного разряда. Такое явление особенно заметно в дождливые дни или в периоды выпадения росы. Во влажном воздухе на загрязнённых изоляторах, наряду с образованием озона и оксидов азота, наблюдается увеличение потерь энергии, что представлено на рис. 6.

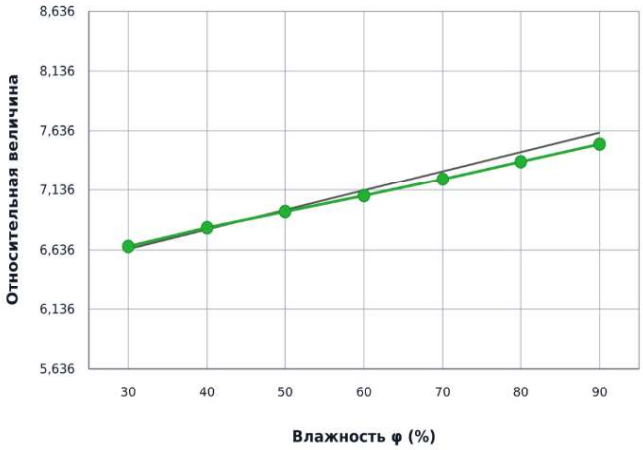


Рис. 6. Относительные показатели и зависимость влажности от явления коронного разряда

В данном случае представлена тенденция изменения относительного показателя в зависимости от изменения влажности среды (φ) (%). Как видно из графика, при увеличении влажности от 30 % до 90 % относительный показатель возрастает практически по линейной закономерности. В частности, при φ = 30 % относительный показатель составляет примерно 6,65, тогда как в диапазоне влажности 50–60 % данное значение достигает 7,05–7,15. При дальнейшем увеличении влажности (φ = 70–80 %) относительный показатель наблюдается в пределах 7,25–7,40. В условиях, близких к максимальной влажности, то есть при φ = 90 %, относительный показатель достигает приблизительно 7,5–7,6.

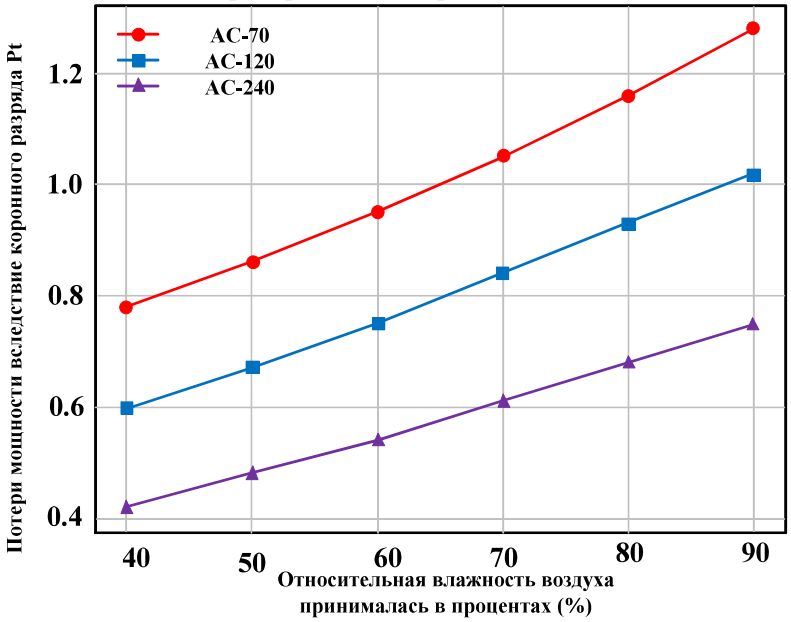


Рис. 7. Сравнение проводников АС-70, АС-120 и АС-240 на основе данных мониторинга

Оценка явления коронного разряда на основе дополнительных параметров мониторинга приведена в таблице 5.

Таблица-5.

Зависимость коронных потерь в высоковольтных воздушных линиях электропередачи от атмосферных и мониторинговых параметров

№	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/с	Концентрация пыли, мг/м³	Напряжённость электрического поля, кВ/см	Коронные потери (P_t), кВт/км
1	-5	45	1,2	0,18	18,5	0,48
2	0	50	1,5	0,21	19,3	0,52
3	5	55	1,8	0,25	20,1	0,57
4	10	60	2,0	0,28	21,4	0,63
5	15	65	2,3	0,30	22,2	0,69
6	20	70	2,6	0,34	23,1	0,74
7	25	75	2,9	0,37	24,0	0,79
8	30	80	3,2	0,40	24,8	0,84
9	35	85	3,6	0,43	25,7	0,90

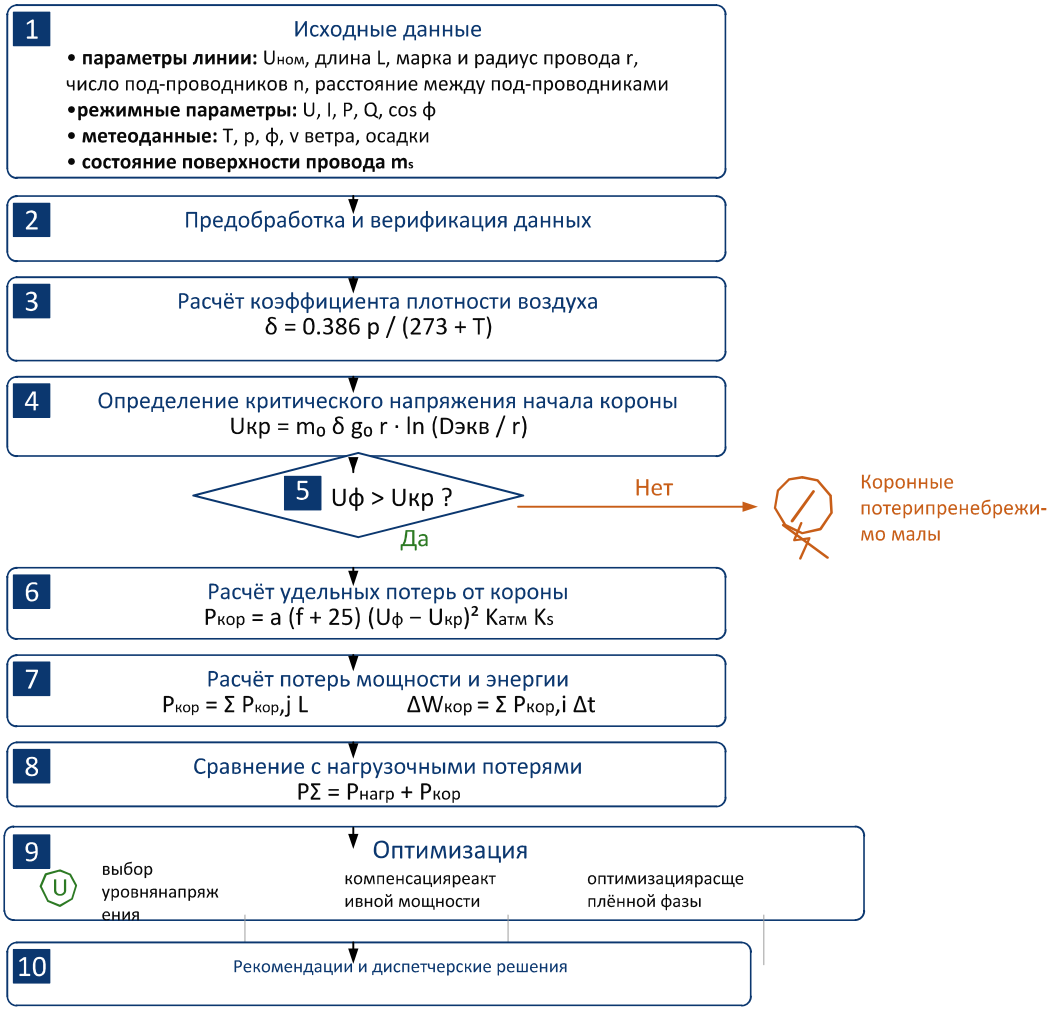
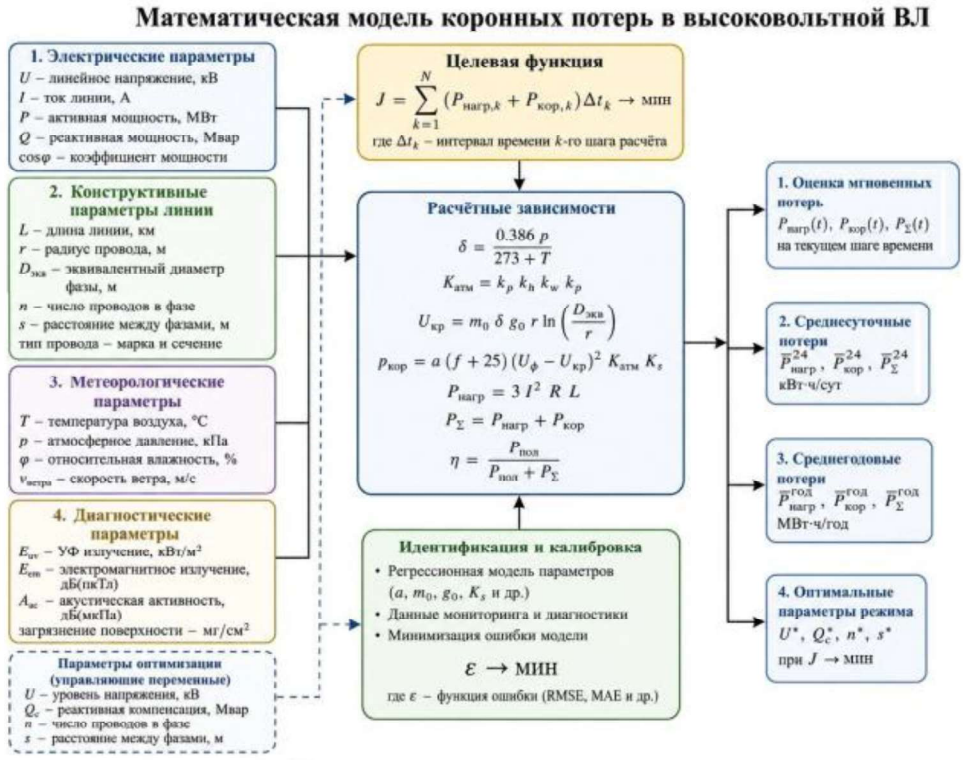
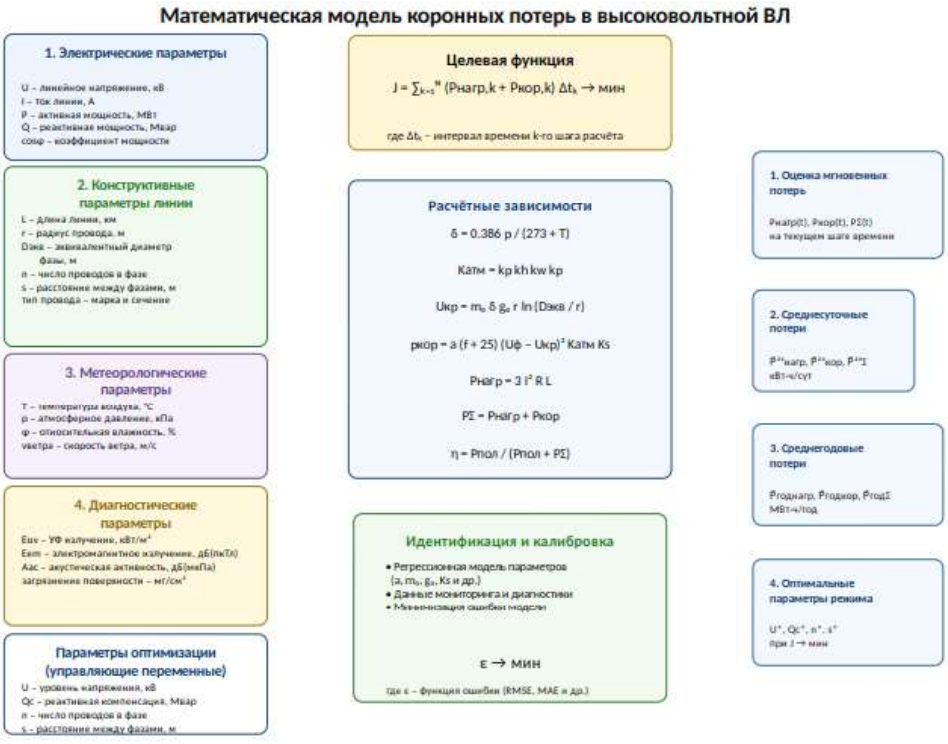


Рис. 8. Блок-схема алгоритма мониторинга и расчёта потерь электроэнергии, обусловленных коронным разрядом на высоковольтных воздушных линиях электропередачи

В основе алгоритма лежит последовательная обработка исходных данных о параметрах линии, режимных характеристиках и метеорологических условиях. На первом этапе выполняется сбор и верификация входной информации, после чего рассчитывается коэффициент плотности воздуха и определяется критическое напряжение начала короны.


Математическая модель коронных потерь в высоковольтной ВЛ
1. Электрические параметры
U – линейное напряжение, кВ
I – ток линии, А
P – активная мощность, МВт
Q – реактивная мощность, Мвар
cosφ – коэффициент мощности
2. Конструктивные параметры линии
L – длина линии, км
r – радиус провода, м
D_экв – эквивалентный диаметр фазы, м
n – число проводов в фазе
s – расстояние между фазами, м
тип провода – марка и сечение
3. Метеорологические параметры
T – температура воздуха, °C
p – атмосферное давление, кПа
φ – относительная влажность, %
v_ветра – скорость ветра, м/с
4. Диагностические параметры
E_uv – УФ излучение, кВт/м²
E_em – электромагнитное излучение, дБ(пкТл)
A_ac – акустическая активность, дБ(мкПа)
загрязнение поверхности – мг/см²
Параметры оптимизации (управляющие переменные)
U – уровень напряжения, кВ
Q_c – реактивная компенсация, Мвар
n – число проводов в фазе
s – расстояние между фазами, м
Целевая функция
J = Σ (P_нагр,k + P_кор,k) Δt_k → мин
где Δt_k – интервал времени k-го шага расчёта
Расчётные зависимости
δ = 0.386 p / (273 + T)
K_атм = k_p k_h k_w k_p
U_кр = m_0 δ g_0 r ln(D_экв / r)
P_кор = a (f + 25) (U_ф − U_кр)² K_атм K_s
P_нагр = 3 I² R L
P_Σ = P_нагр + P_кор
η = P_пол / (P_пол + P_Σ)
Идентификация и калибровка
• Регрессионная модель параметров (a, m_0, g_0, K_s и др.)
• Данные мониторинга и диагностики
• Минимизация ошибки модели
ε → МИН
где ε – функция ошибки (RMSE, MAE и др.)
1. Оценка мгновенных потерь
P_нагр(t), P_кор(t), P_Σ(t)
на текущем шаге времени
2. Среднесуточные потери
P̄^24_нагр, P̄^24_кор, P̄^24_Σ
кВт·ч/сут
3. Среднегодовые потери
P̄^год_нагр, P̄^год_кор, P̄^год_Σ
МВт·ч/год
4. Оптимальные параметры режима
U*, Q_c*, n*, s*
при J → мин


Математическая модель коронных потерь в высоковольтной ВЛ
1. Электрические параметры
U – линейное напряжение, кВ
I – ток линии, А
P – активная мощность, МВт
Q – реактивная мощность, Мвар
cosφ – коэффициент мощности
2. Конструктивные параметры линии
L – длина линии, км
r – радиус провода, м
Dэкв – эквивалентный диаметр фазы, м
n – число проводов в фазе
s – расстояние между фазами, м
тип провода – марка и сечение
3. Метеорологические параметры
T – температура воздуха, °C
p – атмосферное давление, кПа
φ – относительная влажность, %
vветра – скорость ветра, м/с
4. Диагностические параметры
Euv – УФ излучение, кВт/м²
Eem – электромагнитное излучение, дБ(пкТл)
Aac – акустическая активность, дБ(мкПа)
загрязнение поверхности – мг/см²
Параметры оптимизации (управляющие переменные)
U – уровень напряжения, кВ
Qc – реактивная компенсация, Мвар
n – число проводов в фазе
s – расстояние между фазами, м
Целевая функция
J = ∑k=1^N (Рнагр,k + Ркор,k) Δtk → мин
где Δtk – интервал времени k-го шага расчёта
Расчётные зависимости
δ = 0.386 p / (273 + T)
Катм = kp kh kw kp
Uкр = m0 δ g0 r ln (Dэкв / r)
ркор = a (f + 25) (Uф − Uкр)² Катм Ks
Рнагр = 3 I² R L
РΣ = Рнагр + Ркор
η = Рпол / (Рпол + РΣ)
Идентификация и калибровка
• Регрессионная модель параметров (a, m0, g0, Ks и др.)
• Данные мониторинга и диагностики
• Минимизация ошибки модели
ε → мин
где ε – функция ошибки (RMSE, MAE и др.)
1. Оценка мгновенных потерь
Рнагр(t), Ркор(t), РΣ(t)
на текущем шаге времени
2. Среднесуточные потери
Р^24нагр, Р^24кор, Р^24Σ
кВт·ч/сут
3. Среднегодовые потери
Ргоднагр, Ргодкор, РгодΣ
МВт·ч/год
4. Оптимальные параметры режима
U*, Qc*, n*, s*
при J → мин

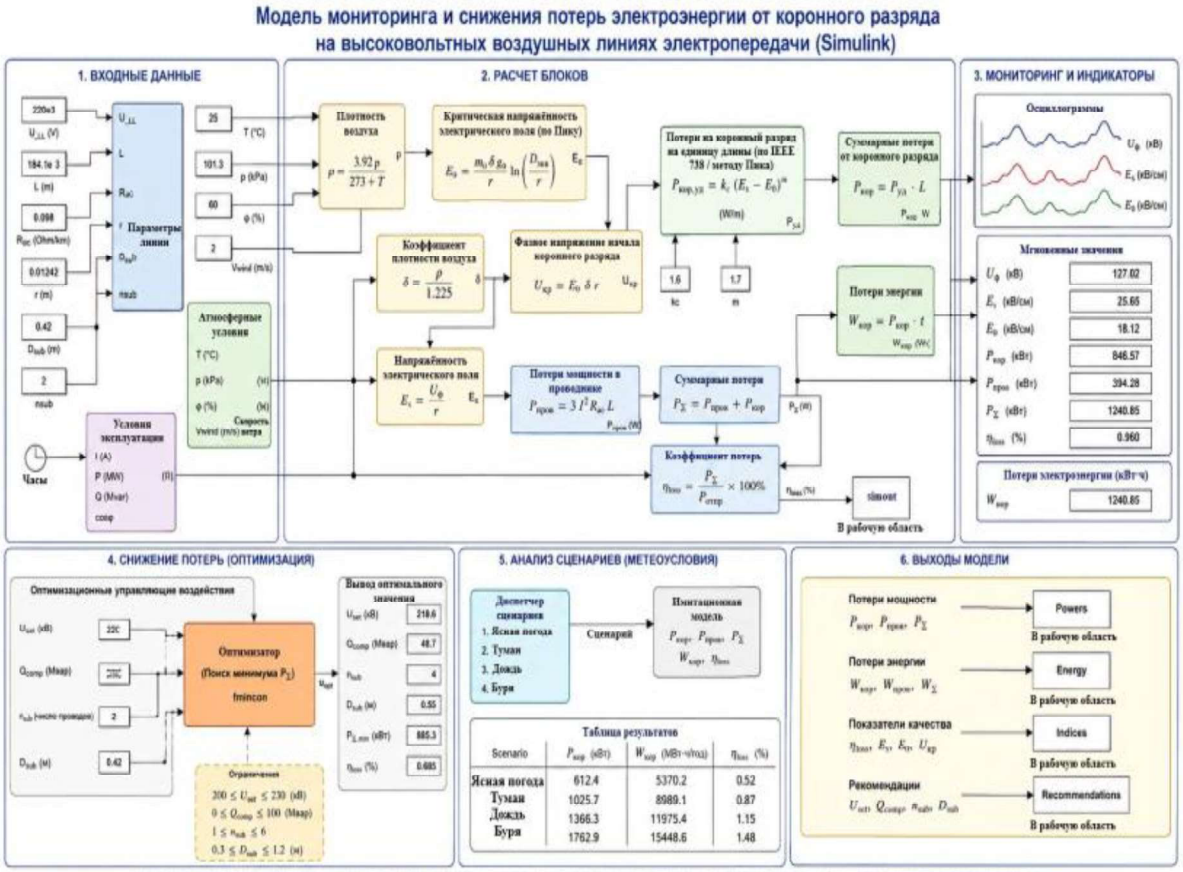


Рис. 9. Структурная схема математического моделирования и оптимизации коронных потерь в высоковольтной воздушной линии электропередачи

Выводы

Результаты измерений показывают возможность определения в режиме реального времени структурных составляющих потерь электрической энергии, включая нагрузочные потери, потери вследствие коронного разряда и потери мощности. Это позволяет выполнять оптимизацию режимов работы высоковольтных воздушных линий с целью снижения потерь и обеспечивает возможность существенной экономии электрической энергии. Также доказано, что оптимизация режимов энергосистемы по уровням напряжения не может выполняться без учёта текущих потерь мощности вследствие коронного разряда. Установлено, что коронный разряд в высоковольтных воздушных линиях электропередачи представляет собой сложный электрофизический процесс, формирующийся в результате взаимного влияния конфигурации электрического поля, электрофизических свойств среды, атмосферных факторов, а также геометрических параметров поверхности проводника и изоляции. Результаты исследования показывают, что интенсивность коронного разряда и его энергетические последствия в значительной степени зависят от местных климатических условий, особенно в пустынных регионах, и могут существенно отличаться от характеристик, принятых в классических моделях. Установлено, что аэрозольная плотность пустынной среды, низкая влажность, высокая температура и пониженное атмосферное давление снижают порог ионизации воздуха, вследствие чего напряжение начала коронирования U_0 уменьшается на 5–12 %. Вместе с тем выявлено, что такие мероприятия, как увеличение расстояния между фазами, очистка поверхности изоляции и оптимизация конструктивных элементов, также обладают высокой эффективностью. Явление коронного разряда, возникающее на высоковольтных воздушных линиях электропередачи, является одним из важных физических процессов, вызывающих дополнительные потери активной мощности в процессе передачи электрической энергии. В данном исследовании на основе данных мониторинга были проанализированы условия возникновения коронного разряда, его интенсивность, а также влияние на потери электрической энергии.

Полученные результаты показали, что выявление и оценка процесса коронирования с использованием систем мониторинга имеют

важное значение для повышения энергетической эффективности линий электропередачи и обеспечения их эксплуатационной надёжности.

1. На основе мониторинговых данных установлено, что возникновение коронного разряда на высоковольтных воздушных линиях электропередачи непосредственно связано с напряжённостью электрического поля, диаметром проводника и атмосферными условиями; взаимное влияние данных факторов было научно оценено.

2. Результаты исследования показали, что увеличение диаметра проводника и расстояния между фазами снижает напряжённость электрического поля и, как следствие, способствует уменьшению коронных потерь.

3. Анализ в режиме реального времени данных о напряжённости электрического поля, метеорологических показателях и параметрах линии с использованием систем мониторинга позволяет своевременно выявлять явление коронного разряда и разрабатывать эксплуатационные мероприятия, направленные на снижение потерь электрической энергии.

ENHANCING THE ENERGY EFFICIENCY OF HIGH-VOLTAGE OVERHEAD TRANSMISSION LINES THROUGH MONITORING AND REDUCTION OF CORONA LOSSES

A.N. Tovboev, I.B. Togaev

Navoi State Mining and Technological University, Navoi, Uzbekistan

ABSTRACT

The article investigates the monitoring and reduction of electrical energy losses caused by corona discharge on high-voltage overhead transmission lines. The relevance of the study is determined by the need to improve the energy efficiency of electrical networks, reduce technological losses, and ensure the reliability of power supply under conditions of increasing loads and more complex operating modes of power systems.

An analysis was conducted of the factors affecting the intensity of corona discharge, including the operating voltage level, conductor design parameters, conductor surface condition, climatic conditions, and environmental characteristics. A comprehensive approach to the continuous monitoring of corona processes is proposed based on the combined use of electrical, electromagnetic, and meteorological parameters. The possibilities of applying modern digital technologies for real-time monitoring of the technical condition of overhead transmission lines and forecasting electrical energy losses are considered. The influence of corona discharge on the efficiency indicators of electrical energy transmission was assessed, and the main directions for reducing losses through the improvement of the structural and operational characteristics of transmission lines were identified. The research results demonstrate that the implementation of continuous monitoring systems makes it possible to promptly identify sections of the electrical network characterized by increased corona discharge intensity, improve the accuracy of electrical energy loss assessment, and adopt effective technical solutions for their reduction. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed approach during the modernization of high-voltage electrical networks aimed at improving the energy efficiency and operational reliability of electric power facilities.

KEYWORDS

overhead transmission lines, corona discharge, corona losses, technical condition monitoring, energy efficiency, high voltage, intelligent monitoring systems, electrical networks, electrical energy losses, digitalization of the electric power industry.

YUQORI KUCHLANISHLI HAVO ELEKTR UZATISH LINIYALARINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI TOJLANISH YO‘QOTISHLARINI MONITORING QILISH VA KAMAYTIRISH ORQALI OSHIRISH

A.N. Tovboyev, I.B. Tog‘ayev

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston

ANNOTATSIYA Maqolada yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish razryadi natijasida yuzaga keladigan elektr energiyasi yo‘qotishlarini monitoring qilish va kamaytirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotning dolzarbligi elektr tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish, texnologik yo‘qotishlarni kamaytirish hamda yuklamalarning ortib borishi va energetika tizimlari ish rejimlarining murakkablashuvi sharoitida elektr ta’minoti ishonchliligini ta’minlash zarurati bilan belgilanadi. Tojlanish razryadi intensivligiga ta’sir etuvchi omillar, jumladan, ishchi kuchlanish darajasi, o‘tkazgichlarning konstruktiv parametrlari, ularning sirt holati, iqlim sharoitlari va atrof-muhit xususiyatlari tahlil qilindi. Elektr, elektromagnit va meteorologik parametrlarni birgalikda qo‘llash asosida tojlanish jarayonlarini uzluksiz monitoring qilishni tashkil etishning kompleks yondashuvi taklif etildi. Havo elektr uzatish liniyalarining texnik holatini tezkor nazorat qilish va elektr energiyasi yo‘qotishlarini prognozlashda zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqildi. Tojlanish razryadining elektr energiyasini uzatish samaradorligi ko‘rsatkichlariga ta’siri baholandi hamda liniyalarning konstruktiv va ekspluatatsion tavsiflarini takomillashtirish hisobiga yo‘qotishlarni kamaytirishning asosiy yo‘nalishlari aniqlandi. Tadqiqot natijalari uzluksiz monitoring tizimlarini joriy etish elektr tarmog‘ining tojlanish jarayonlari yuqori intensivlikda kuzatiladigan uchastkalarini o‘z vaqtida aniqlash, elektr energiyasi yo‘qotishlarini baholash aniqligini oshirish va ularni kamaytirish bo‘yicha samarali texnik yechimlarni qabul qilish imkonini berishini ko‘rsatdi. Ishning amaliy ahamiyati taklif etilgan yondashuvdan yuqori kuchlanishli elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish, elektroenergetika obyektlarining energiya samaradorligi va ishlash ishonchliligini oshirish jarayonida foydalanish imkoniyati bilan izohlanadi.

KALIT SO‘ZLAR havo elektr uzatish liniyalari; tojlanish razryadi; tojlanish yo‘qotishlari; texnik holat monitoringi; energiya samaradorligi; yuqori kuchlanish; intellektual monitoring tizimlari; elektr tarmoqlari; elektr energiyasi yo‘qotishlari; elektroenergetikani raqamlashtirish.

REFERENCES

1. Tovbaev A.N., Mardonov D.Sh., Mamatazimov A.X., Samatova S.S. Analysis of subharmonic oscillations in multi-phase ferroresonance circuits using a mathematical model// Apitech III 2021. Journal of Physics: Conference Series 2094 (2021) 052048 IOP Publishing.
2. Tog‘ayev I.B., Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines.// Problems and scientific solutions. Vol. 6, Issue 4, 2022, Australia, Melbourne. pp. 267–271.
3. Dorosinsky, A.Yu. Algorithms and methods for determining the error of means simulating electrical signals of sine-cosine rotating transformers / Dorosinsky A.Yu.// XXI century: results of the past and problems of the present: scientific. Penza State Technical University, 2012. No. 6. pp. 42-46.
4. Baldenko D.F., Baldenko F. D., Gnoev A.N. Screw downhole engines (Reference manual). M.: Nedra, 1999. 375 p.
5. Milovzorov G.V. Analysis of instrumental errors of inclinometric devices. – Ufa, ed. “Gilem", 1997. 184 pp
6. Safronov V.A. Theory and practice of using angle sensors based on sine-cosine rotating transformers. Components and Technologies Magazine, Moscow, 2014, №.4. pp.58-62.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Tovboev Akram Nurmonovich	-	Acting Professor of the Department of Power Engineering; Navoi State University of Mining and Technologies, 210100, Navoi, Galaba Str., 76V, Uzbekistan. E-mail: tovboyev70@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2677-6977
Togaev Islom Bekpulat ugli	—	Senior Lecturer of the Department of Electric Power Engineering; Navoi State University of Mining and Technologies, 210100, Navoi, Galaba Str., 76V, Uzbekistan. E-mail: togayev.islom@mail.ru ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4481-874X