



## MONITORING THE OPERATION FACTORS OF OVERHEAD TRANSMISSION LINES AND ENVIRONMENT FOR CONTROLLING THE WORK OF ELECTRICAL NETWORKS DISTRIBUTION

N. Cheremisin<sup>1</sup>, A. Mirosnyk<sup>1</sup>, V. Cherkashyna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kharkov National Technical University of Agriculture by Petri Vasilenko (KNTUA),  
Kharkov, Ukraine

<sup>2</sup>National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute" (NTU "KPI"),  
Kharkov, Ukraine

**Abstract.** Analyzed and justified the need for monitoring system for parameters overhead lines and the of the environment in order to increase the efficiency of management of modes of electric distribution networks in real-time by the organization controlling the temperature mode line. The estimation of overhead lines capacity, taking into account the temperature of the wires, depending on the environmental conditions. The structure of the monitoring system of overhead parameters lines and environmental distribution network. The implementation of the proposed system will allow for more accurate planning of maintenance and repair work; implement an effective strategy for the prevention and elimination of consequences of extreme conditions (glaze deposits, short-circuit in the network, etc.); clarify the calculation models of electric energy losses, taking into account the ambient temperature.

**Keywords:** capacity of transmission lines, losses of electricity overhead transmission line, temperature of the line.

## MONITORING ASUPRA PARAMETRILOR LEA ȘI A MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR PENTRU DIRIJAREA CU REGIMURILE DE FUNCȚIONARE A REȚELELOR ELECTRICE DE DISTRIBUȚIE

Nicolai CEREMISIN<sup>1</sup>, Alexandr MIROȘNIC<sup>1</sup>, Veronica CERCAȘINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea tehnică națională agricolă P. Vasilenco din Harkov, Ucraina

<sup>2</sup>Universitatea tehnică națională „Institutul Politehnic din Harkov”, Ucraina

**Rezumat** – Este analizată și justificată necesitatea elaborării sistemului de monitoring a parametrilor liniilor aeriene și a mediului înconjurător pentru sporirea eficienței dirijării regimurilor de funcționare a rețelelor de distribuție în timp real prin intermediul monitorizării regimului de temperatură al liniei. S-a estimat capacitatea de transmisiune a liniilor aeriene în cu considerarea temperaturii conductoarelor electrice dependență de parametrul mediului înconjurător. Este propusă structura sistemului de monitoring a parametrilor liniei aeriene și a mediului înconjurător a rețelelor electrice de distribuție. Realizarea sistemului propus permite planificarea mai exactă a lucrărilor de mentenanță și reparații; implementarea strategiei efective pentru prevenirea și lichidarea consecințelor situațiilor extreme (depunerea poleiului, scurt circuit în rețea etc.); sporirea gradului de precizie a pierderilor de energie electrică din modelele de calcul cu considerarea temperaturii mediului înconjurător.

**Cuvinte cheie** – capacitatea liniilor de transmisiune, temperatura conductorului, pierderi de energie electrică.

## МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Н.М. Черемисин<sup>1</sup>, А.А. Мирошник<sup>1</sup>, В.В. Черкашина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенка (ХНТУСХ), Харьков, Украина

<sup>2</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» (НТУ «ХПИ»), Харьков, Украина

**Реферат.** Проанализирована и обоснована необходимость разработки системы мониторинга параметров воздушных линий и окружающей среды для повышения эффективности управления режимами работы распределительных электрических сетей в реальном времени за счет организации контроля текущего температурного режима линий. Проведена оценка пропускной способности воздушных линий с учетом температуры проводов в зависимости от параметров окружающей среды. Предложена структура системы мониторинга параметров воздушных линий и

окружающей среды распределительной электрической сети. Реализация предлагаемой системы позволит более точно планировать профилактические и ремонтные работы; осуществлять эффективную стратегию по предупреждению и ликвидации последствий экстремальных условий (гололедные отложения, короткие замыкания в сети и т.д.); уточнить расчетные модели потерь электрической энергии с учетом температуры окружающей среды.

**Ключевые слова** - воздушная линия, потери электрической энергии, пропускная способность линии, температура провода

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из показателей развития электроэнергетической отрасли является совершенствование электрических сетей (ЭС).

Наиболее ответственным и в то же время наиболее уязвимым звеном ЭС являются воздушные линии (ВЛ) электропередачи, так на их работу оказывают влияние ряд факторов, в том числе и изменение параметров окружающей среды, что в значительной степени влияет на пропускную способность ВЛ. В связи с вышесказанным возникает проблема повышения эффективности и регулируемости пропускной способности ВЛ.

Для реализации последнего необходимо совершенствовать существующие и создавать новые эффективные средства транспорта и распределения электроэнергии, применять новые технологии управления режимами работы ЭС.

## Постановка задачи

Действующая структура распределительной сети (РС) целесообразна в условиях низкой стоимости электрической энергии. Однако с ростом мегаполисов, увеличения стоимости электрической энергии, требований к ее качеству, затрат на развитие распределительной инфраструктуры явным образом приводит к изменению стратегии развития РС.

На сегодняшний день существующая РС характеризуется как «пассивная». Внедрение Smart Grid технологий позволяют перейти к новым принципам активного управления на этапе передачи электрической энергии по РС [1, 2].

Реализация поставленных задач по эффективному управлению режимами работы РС на сегодня возможна за счет применения современных IT-технологий, что не противоречит концепции Smart Grid и опирается на прогнозные модели и модели оперативного управления режимами работы ЭС в реальном времени [3 - 10].

К сожалению, существующие аналоги программных систем расчета и анализа режимов работы РС характеризуются рядом существенных недостатков, которые осложняют их применение в РС 110 кВ, особенно из-за неопределенности исходной информации. Снизить уровень неопределенности возможно за счет оперативного съема информации в характерных точках РС, включая и параметры окружающей среды. Эта информация позволит повысить эффективность управления и снизить погрешность расчетов при определении технологических потерь электрической энергии.

Действенным инструментом для повышения эффективности РС является на сегодня мониторинг параметров ВЛ и окружающей среды. Это позволит оперативно контролировать текущее состояние ВЛ, определять их реальную пропускную способность и оптимально ее использовать.

## Цель научных исследований

Обосновать необходимость и разработать систему мониторинга параметров воздушных линий и окружающей среды для повышения эффективности управления режимами работы распределительных электрических сетей в реальном времени.

## Методы и алгоритмы реализации задачи

Известно, что при расчете потерь электрической энергии в ВЛ необходимо учитывать влияние параметров окружающей среды, особенно изменения температуры воздуха. В расчетных моделях используются справочные параметры ВЛ, которые приведены для температуры окружающего воздуха 20<sup>0</sup>С, но температура окружающей среды в течение года (и даже суток) может существенно отличаться от этого значения. Поэтому сегодня при разработке систем мониторинга РС появилась возможность в совершенствовании управления режимами, включая и методы расчета потерь электроэнергии в реальном времени [1 - 3].

Организация мониторинга температуры проводов ВЛ позволит:

- контролировать реальное техническое состояние ВЛ на основании разработанных методик с использованием датчиков температуры проводов;
- разработать мероприятия по повышению пропускной способности ВЛ с определением приоритетов их реализации;
- выполнять оценку предельных значений длительных и кратковременных токов нагрузки;
- управлять режимами токовой нагрузки ВЛ в соответствии с реальными данными о термической стойкости проводов ВЛ;
- регулировать перетоки мощности по ВЛ;
- контролировать уровень технологических потерь;
- соблюдать габариты ВЛ;
- управлять пропускной способностью ВЛ [1 - 5].

Известно, что основной показатель ВЛ электропередачи в реальном времени – это допустимый ток, при котором линия может функционировать без нарушений правил техники безопасности, целостности материалов и надежности РС. Когда ток в ВЛ увеличивается, провод нагревается и, соответственно, стрелы провеса могут выходить за допустимые пределы, что приводит к изменениям габаритов ВЛ.

Традиционно фиксированные значения тепловых показателей ВЛ устанавливаются по справочным данным при проектировании объектов РС. Такие показатели основаны на определенных представлениях о скорости ветра, температуре окружающей среды и солнечном излучении. Но, так как в реальном времени погодные условия изменяются, то для управления режимами РС

необходимо получать и корректировать данные о текущем состоянии ВЛ в реальном времени в зависимости от параметров окружающей среды вместо фиксированных, консервативных представлений, что позволит оптимизировать использование их реальной пропускной способности.

Пропускная способность ВЛ определяется величиной передаваемой мощности, от которой зависит от уровень технологических потерь. Мощность определяется условием их работы в РС и параметрами самих ВЛ. Одними из основных параметров ВЛ, влияющих на передаваемую мощность, являются активное и индуктивное сопротивление провода [6].

Индуктивное сопротивление  $X$  проводов ВЛ обусловлено магнитным полем, возникающим при протекании тока. На  $X$  ВЛ оказывает влияние взаимное расположение фазных проводов. Вопросами влияния индуктивного сопротивления на величину передаваемой мощности довольно длительное время занимаются многих отечественные и зарубежные ученые. Существуют методики и устройства, позволяющие оперативно контролировать и управлять параметрами ВЛ, которые зависят от индуктивного сопротивления провода [1, 3, 6, 7].

Активное сопротивление  $R$  обуславливает нагрев проводов и зависит от материала проводов и их сечения. Активное сопротивление принимается «постоянной» величиной, что не корректно в задачах реального времени.

Как показывает практика эксплуатации ВЛ активное сопротивление зависит от температуры провода, которая определяется температурой окружающего воздуха (среды), скоростью ветра и значением проходящего по проводу тока.

Трудность определения активного сопротивления ВЛ заключается в том, что температура проводов, зависящая от токовой нагрузки и интенсивности охлаждения, может заметно превышать температуру окружающей среды, что может существенно влиять на работу РС. Поэтому мониторинг температуры проводов в режиме реального времени является одной из задач управления потоками мощности по ВЛ.

В настоящее время для оценки пропускной способности ВЛ в зависимости от параметров окружающей среды используют методику расчета, основанную на уравнении теплового баланса для установившегося режима:

$$I^2 R_{20} (1 + \alpha (t_{np}^0 - 20)) + W_c = \pi d_{np} (\beta_k + \beta_a) (t_{np}^0 - t_{oc}^0), \quad (1)$$

где  $I$  – ток в линии, А;  $R_{20}$  – сопротивление проводов при 20 °С, Ом/м;  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления проводов, 1/°С;  $t_{np}^0$  – температура проводов, °С;  $t_{oc}^0$  – температура окружающей среды, °С;  $\beta_k, \beta_a$  – коэффициент теплоотдачи проводов при конвективном и лучистом теплообмене, Вт/(м·°С);  $W_c$  – теплота солнечного излучения, поглощаемая 1 м

провода в единицу времени, Вт;  $d_{np}$  – диаметр проводов, м [8].

Для определения теплоты солнечного излучения, поглощаемого проводом, существует несколько моделей. Теплота солнечного излучения определяется уравнением:

$$W_c = \varepsilon_n k_H d_{np} W_p \sin \psi_c, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_n = 0,6$  – коэффициент поглощения проводов;  $k_H$  – коэффициент, учитывающий влияние высоты над уровнем моря;  $W_p$  – интенсивность суммарной радиации (прямой и отраженной), Вт/м<sup>2</sup>;  $\psi_c$  – активный угол наклона солнечных лучей.

При лучеиспускании количество передаваемого тепла пропорционально разности абсолютных температур в четвертой степени. Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием определяется по формуле Стефана-Больцмана:

$$\beta_a = \frac{5,6\varepsilon}{t_{np}^0 - t_{oc}^0} \left[ \left( \frac{273 + t_{np}^0}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_{oc}^0}{100} \right)^4 \right], \quad (3)$$

где  $\varepsilon$  – постоянная лучеиспускания (степень черноты проводов);  $t_{np}^0$  – температура проводов, °С;  $t_{oc}^0$  – температура окружающей среды, °С.

Постоянная лучеиспускания зависит от материала и состояния поверхности проводов. По разным данным она может изменяться от 0,11 для чистого алюминия до 0,8 для окисленного и загрязненного. При этом измерить этот параметр в условиях эксплуатации затруднительно. Но, так как допустимая температура проводов составляет не более +70°С, то роль лучеиспускания незначительна [8].

Теплопроводность так же играет малую роль при охлаждении проводов потому, что ВЛ расположены в открытом пространстве, а окружающий их воздух имеет низкую теплопроводность. Поэтому главную роль при охлаждении проводов играет конвекция – перенос тепла потоком воздуха.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией в общем виде определяется исходя из критериальных уравнений конвективного теплообмена:

$$Nu = f(Re, Pr), \quad (4)$$

где  $Nu$  – критерий Нуссельта, определяющий коэффициент теплоотдачи;  $Re$  – критерий Рейнольдса, определяющий влияние скорости охлаждающей среды на конвективный теплообмен;  $Pr$  – критерий Прандтля, характеризующий подобие физических свойств охлаждающей среды в процессах конвективного теплообмена. Для воздуха этот критерий можно считать постоянным в диапазоне температур от –50 до +40 °С.

При различных значениях критерия Рейнольдса функция (4) может иметь различный вид. При некотором критическом значении (обычно  $Re=5$ ) считается, что конвекция перестает быть вынужденной

и становится свободной, при этом вместо критерия Рейнольдса используется критерий Грасгофа (Gr), характеризующий протекание свободной конвекции.

Однако в реальных условиях всегда есть некоторое движение воздуха. При антициклоническом характере погоды минимальную скорость ветра можно принять равной 0,6 м/с, при циклоническом характере погоды – 2 м/с. По опубликованным материалам сессии СИГРЕ также рекомендуется принимать минимальную скорость ветра 0,6 м/с.

Большинство авторов сходятся в том, что при малых скоростях ветра ( $Re < 1000$  или  $v < 5$  м/с) витая структура провода практически не влияет на теплоотдачу и его можно рассматривать как гладкий цилиндр в воздушном потоке, при этом коэффициент теплоотдачи конвекцией приближенно рассчитывается по выражению:

$$\beta_k = 3,5k_v \sqrt{\frac{v}{d_{np}}}, \quad (5)$$

где  $k_v$  – коэффициент зависимости теплоотдачи при конвективном теплообмене от угла атаки ветра;  $v$  – скорость ветра, м/с;  $d_{np}$  – диаметр проводов, м.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией  $\beta_k$  является наиболее неопределенным параметром уравнения (1), тем не менее, он существенно влияет на значение допустимой нагрузки. Но главным влияющим фактором в теплоотдаче конвекцией является температура проводов.

Так как передача тепла осуществляется преимущественно через конвекцию, то сопротивление проводов будет изменяться в зависимости от температуры окружающей среды:

$$R = R_{20} \left( 1 + \alpha (t_{np}^o - 20) \right), \quad (6)$$

где  $R_{20}$  – удельное сопротивление проводов при температуре 20 °С;  $\alpha$  – температурный коэффициент удельного сопротивления Ом/град (для медных, алюминиевых и сталеалюминевых проводов  $\alpha = 0,00403$ , для стальных  $\alpha = 0,00455$ );  $t_{np}^o$  – температура проводов, °С, которая определяется как:

$$t_{np}^o = t_{oc}^o + t^o(I), \quad (7)$$

где  $t_{oc}^o$  – температура окружающей среды;  $t^o(I)$  – температура нагрева проводов от прохождения по нему тока [8].

Приведенные выражения позволяют рассчитывать температуру проводов при известных токовых нагрузках и погодных условиях, что, в свою очередь, позволяет проанализировать пропускную способность ВЛ при определенной температуре проводов в зависимости от параметров окружающей среды для оперативного контроля текущего состояния ВЛ.

Рассмотрим более детально принцип работы системы мониторинга температуры проводов в реальном времени.

Так для измерения температуры проводов в реальном времени применяются температурные датчики, которые представляет собой как пассивное оптическое волокно, встроенное в сердечник фазных проводов ВЛ, так и отдельно смонтированное устройство на проводах ВЛ (рис.1) [4, 5].



Рис. 1. Датчик контроля температуры проводов ВЛ РС

Система серии ОТЛМ (рис.1) представляют собой линейные устройства измерения температуры проводов, относящиеся к поколению «интеллектуальных» датчиков.

Система серии ОТЛМ обеспечивает точное измерение температуры проводов на протяжении нескольких километров.

Данная система предназначена для измерения в реальном времени температуры проводов и является эффективным техническим решением по контролю текущего состояния ВЛ.

В зависимости от местоположения для передачи данных о температуре проводов для управления режимами РС могут применяться беспроводные GSM-соединения [4, 5].

Согласно [6], для определения величины передаваемой по ВЛ мощности, используются «постоянные» значения активного и индуктивного сопротивлений.

Используя приведенное в [6] выражение, но с учетом при этом «переменных» значений активного сопротивления, формула для определения величины передаваемой по ВЛ мощности будет иметь вид:

$$P_{передает} = \frac{U_{ном}^2}{R(t_{np}^o)} \times \left[ \sqrt{\left( \cos \varphi + \frac{X}{R(t_{np}^o)} \sin \varphi \right)^2 + \left[ \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left[ 1 + \left( \frac{X}{R(t_{np}^o)} \right)^2 \right]} - \left( \cos \varphi + \frac{X}{R(t_{np}^o)} \sin \varphi \right) \right] / \left[ 1 + \left( \frac{X}{R(t_{np}^o)} \right)^2 \right], \quad (8)$$

где  $R(t_{np}^o)$  – активное сопротивление проводов с учетом температуры проводов в зависимости от параметров окружающей среды, Ом;  $X$  – индуктивное сопротивление проводов, Ом;  $\cos \varphi$ ,  $\sin \varphi$  – коэффициенты мощности;  $U_1$ ,  $U_2$  – напряжение в начале и конце электропередачи [6].

Выражение для определения потерь электроэнергии с учетом температуры проводов в зависимости от параметров окружающей среды будет иметь вид:

$$\Delta W = I^2 R_{20j} \left( 1 + \alpha \left( t_{o.c}^0 + \frac{1 + \alpha (t_{o.c}^0 - 20)}{2c\sqrt{\pi F} - \alpha} - 20 \right) \right) \Delta t, \quad (9)$$

где  $I$  – ток, протекающий по проводам, А;  $R_{20j}$  – сопротивление проводов при  $20^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  – температурный коэффициент удельного сопротивления проводов;  $t_{o.c}^0$  – температура окружающей среды  $^\circ\text{C}$ ;  $c$  – общий коэффициент теплоотдачи проводов;  $F$  – площадь поверхности отдачи тепла проводами,  $\text{мм}^2$ ;  $\Delta t$  – время протекания тока по проводам, ч [8].

Потери мощности в ветвях РС при изменении их параметров, вызванных изменением метеорологических условий, могут определяться с использованием методики [9]:

$$\Delta \dot{S}_i = \Delta P_i + j\Delta Q_i = \dot{\mathbf{T}}_i \dot{\mathbf{S}}, \quad (10)$$

где  $\Delta \dot{\mathbf{S}} = \mathbf{P} + j\mathbf{Q}$  – вектор мощностей в узлах РС;  $\dot{\mathbf{T}}$  – матрица коэффициентов распределения потерь мощности в ветвях схемы РС, каждая строка которой определяется как:

$$\dot{\mathbf{T}}_i = (\dot{\mathbf{U}}_i \dot{\mathbf{M}}_{ki}) \hat{\mathbf{C}}_{ki} \dot{\mathbf{U}}_D^{-1}. \quad (11)$$

Коэффициенты потерь мощности в ветвях РС определяются напряжениями в узлах (в последнем выражении они записаны в виде транспонированного вектора  $\dot{\mathbf{U}}_i$  и обратной диагональной матрицы  $\dot{\mathbf{U}}_D^{-1}$ ) и коэффициентами распределения токов по ветвям  $\hat{\mathbf{C}}_{ki}$  (здесь и дальше знак  $\hat{\phantom{x}}$  означает, что матрица сопряженная).  $\dot{\mathbf{M}}_k$  – матрица соединений ветвей в узлах, в которой вместо «-1» для трансформаторных ветвей записаны коэффициенты трансформации. Активные и реактивные сопротивления ветвей, а также коэффициенты матрицы токораспределения  $\hat{\mathbf{C}}_k$  рассчитываются изначально для номинальных

значений параметров РС и уточняются в процессе управления режимом РС в соответствии с изменением текущих метеорологических условий. При этом для пересчета коэффициентов токораспределения могут использоваться известные с [10] схемы преобразования матриц обобщенных параметров РС. После уточнения коэффициентов токораспределения определяются соответствующие коэффициенты распределения потерь мощности в ветвях схемы РС.

При необходимости могут определяться потери по выражению (10) во всех ветвях и затем суммироваться для РС в целом или определяться только для заданной ветви (ветвей).

### Разработка структуры системы мониторинга параметров воздушных линий и окружающей среды

Для оценки и оптимального использования пропускной способности ВЛ РС на сегодня разработана и внедрена система мониторинга для РС 10 кВ (СМРЭС) [3].

На базе этой разработанной системы возможно перейти к СМ РС 110 кВ, которая будет дополнительно обеспечивать:

- сбор информации для расчета установившихся режимов;
- сбор информации для уточнения расчета мощности и электрической энергии в реальном времени для РС 110 кВ с разомкнутыми и замкнутыми контурами;
- уточнять расчетные значения потерь при перетоках мощности по ВЛ.

СМ РС 110 кВ может быть построена по иерархическому принципу и содержать в себе контроллеры (автоматизированные выносные блоки ВБ), которые устанавливаются на объектах электрических сетей (сопротивлениях линий электропередачи и т.п.), и диспетчерские станции (ДС), предназначенные для установки на диспетчерских пунктах (подстанциях) РС (рис. 2).

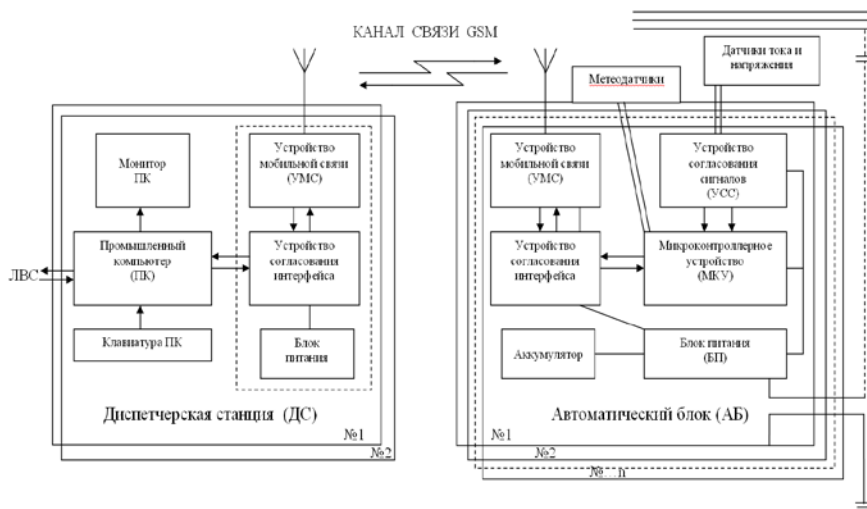


Рис. 2 Структура системы мониторинга параметров воздушных линий и окружающей среды распределительной электрической сети

Между устройствами нижнего уровня ВВ и ДС обеспечивается двусторонняя беспроводная сотовая связь для сбора первичной технической и метеорологической информации, переданной автоматическими метеостанциями [3].

Собранная информация поступает на сервер диспетчерской станции. Программное обеспечение ПК формирует базу данных собранной информации, которая используется для оперативного управления участком электрической сети и является соединительным звеном с другими иерархическими уровнями системы управления энергетического объекта.

Предлагаемая СМ РС предполагает передачу информации с использованием сотовой связи стандарта GSM. При этом автоматически обеспечивается сквозная адресация всех узлов сети за счет присвоения номеров абонентов сотовой связи. Это, при необходимости, дает возможность доступа к первичной информации на любом уровне иерархии системы управления, а также возможность дублирования каналов приема информации.

#### Результаты реализации исследуемой задачи

В соответствии с выше изложенным материалом и выражениями (1-11) проведена оценка пропускной способности 1 км одноцепной ВЛ 110 кВ с учетом температуры проводов в зависимости от параметров окружающей среды при предельно допустимом токе [7].

Как следует из табл. 1 при неизменной токовой нагрузке в зависимости от параметров окружающей среды изменяется температура проводов, что отражается на пропускной способности ВЛ. При увеличении температуры проводов снижается передаваемая по ВЛ мощность, но увеличиваются технологические потери (см. табл. 1).

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

$t_{oc}, ^\circ C$	$t_{np}, ^\circ C$	$P, \text{ МВт}$	$\Delta W, \text{ МВт}$
-40	-12,51	106,28	0,039
-30	-0,27	103,67	0,041
-20	12,12	101,12	0,043
-10	24,68	98,62	0,045
0	37,42	96,18	0,047
10	50,37	93,80	0,050
20	63,54	91,46	0,052
30	76,97	89,16	0,054
40	90,69	86,91	0,057

Данные исследования обосновывают необходимость разработки системы мониторинга параметров ВЛ и окружающей среды, структура и принцип функционирования которой описаны в предыдущем разделе.

Предлагаемая СМ РС позволит:

- использование корпоративной базы данных облэнерго;
- организационных и технических мероприятий по формированию необходимого информационного обеспечения задач по расчетам установившихся режимов РС и поэлементного анализа технологических потерь электроэнергии в РС;
- формирование структуры информационного обеспечения задачи расчета установившихся режимов РС с выделением необходимых и дополнительных (уточняющихся) параметров и интегральных показателей РС с указанием формата показателей параметров, которые должны быть в соответствии с методами определения потерь электроэнергии в РС;
- формирование структуры и перечня файлов исходных данных расчетной модели РС в соответствии с типичными организационными и техническими мероприятиями по снижению потерь электроэнергии в РС.

Так же предлагаемая СМ РС предусматривает разработку направлений и структуры мероприятий по обеспечению реализации задачи расчетов установившихся режимов РС и технологических потерь с использованием устройств, которые регистрируют информацию с графиков отпуска электрической энергии.

#### ВЫВОДЫ

Обоснована и предложена система мониторинга параметров воздушных линий и окружающей среды для повышения эффективности управления режимами работы распределительных электрических сетей. Применение предлагаемой системы в реальном времени позволит:

- более точно планировать профилактические и ремонтные работы;
- осуществлять эффективную стратегию по предупреждению и ликвидации последствий экстремальных условиях (гололедные отложения, короткие замыкания в сети и т.д.);
- уточнить расчетные модели потерь электрической энергии с учетом температуры окружающего среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Postolatiy V.M., Byikova E.V. *Upravlyaemye elektroperedachi* // Trudy instituta energetiki AN Moldovy. – Kishinev.– 2007. – Vyip №8 – 234 p (in Moldovy).
- [2] Stogniy B.S., Kirilenko O.V., Denisyuk S.P. *Intelektualni elektrichni mrezihi elektroenergetichnih sistem ta yih tehnologichne zabezpechennya*. – Tehnichna elektrodinamika. – 2010. – №6. – P. 44–50 (in Ukrainian).
- [3] Titov N.N., Dotsenko M.S., Dotsenko S.I., Cheremisin N.M., Lezhnyuk P.D. *Formirovanie vedomstvennoy sistemyi shora metoodannyih v usloviyah effektivnogo optovogo ryinka elektroenergii* // Pratsi Institutu elektrodinamiki NAN Ukrayini. Spetsialnyi vipusk. Energetichni rinki: perehid do novoyi modeli rinku dvostoronniyi kontraktiv i balansuyuchogo rinku. – K.: 2009. – P. 41–48 (in Ukrainian).
- [4] Miroshnik A.A. *Utochnennyye algoritmyi rascheta poter elektroenergii v setyah 0,38 kV v realnom vremeni Akademiyi nauk respubliky Moldova «Problemyi regionalnoy energetiki»* – Kishinev: Institut Energetiki. – 2010. – № 2(13). – P. 36–42 (in Russian).

- [5] Lezhnyuk P. D., Miroshnik A.A., Cheremisin N.M., Cherkashina V.V. *Povyishenie effektivnosti upravleniya rezhimami elektricheskikh setey na baze monitoringa parametrov vozduzhnykh liniy i okruzhayushey sredy Elektricheskie seti i sistemy*. – P. 39–46 (in Russian).
- [6] Aleksandrov G.N. *Peredacha elektricheskoy energii peremennym tokom*. – M.: Znak, 1998. – 271 p (in Russian).
- [7] *Pravila ustroystva elektroustanovok*. – Harkov: «Industriya», 2007. – 416 p (in Russian).
- [8] Miroshnik O. O. *Metodi ta pidhodi do rozrahunku vtrat elektrichnoyi energii v rozpodilchih elektrichnih mrezhah*. – Pratsi TDATA «Naukove fahove vidannya». – Melitopol: TDATA, 2007. – Vip. 7, T. 3 – С. 162–172 (in Ukrainian).
- [9] Lezhnyuk P.D., Buryikin A.B., Kulik V.V. *Opredelenie poter elektroenergii v elektricheskikh setyah energosistem ot tranzitnykh peretokov* // Pratsi Institutu elektrodinamiki NAN Ukraini. Spets. vipusk: Energetichni rinki – perehid do novoyi modeli rinku dvostoronnih kontraktiv i balansuyuchogo rinku. – 2009. – P. 31–36 (in Russian).
- [10] Gurskiy S.K. *Algoritmizatsiya zadach upravleniya rezhimami slozhnykh sistem v elektroenergetike*. – Minsk: Nauka i tehnika, 1977. – 368 p (in Russian).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**Черемисин Николай Михайлович**, кандидат технических наук (профессор), Институт энергетики и компьютерных технологий при ХНТУСХ им. П. Василенка. Сфера научных интересов: электрические сети и системы и управление ими, потери электрической энергии [cheremisin.energy@rambler.ru](mailto:cheremisin.energy@rambler.ru)



**Мирошник Александр Александрович**, доктор технических наук (доцент), Институт энергетики и компьютерных технологий при ХНТУСХ им. П. Василенка. Сфера научных интересов: электрические сети и системы и управление ими, моделирование процессов в энергетике [Miroshnyk@rambler.ru](mailto:Miroshnyk@rambler.ru)



**Черкашина Вероника Викторовна**, кандидат технических наук (доцент), Национальный технический университет «ХПИ». Сфера научных интересов: электрические сети и системы и управление ими, оценка пропускной способности воздушных линий [cherk34@rambler.ru](mailto:cherk34@rambler.ru)