ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛО-БАЛАНСНОГО МЕТОДА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

АВТОРЫ:

К.Г. РУБИНШТЕЙН,
Д.Ф.-М.Н.,
ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «МЭП МЕЙКЕР»

Р.Ю. ИГНАТОВ,
К.Ф.-М.Н.,
ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «МЭП МЕЙКЕР»

Ю.И. ЮСУПОВ,
ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «МЭП МЕЙКЕР»

Д.Е. ТИТОВ,
СКОЛКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Гололедные отложения создают значительные механические нагрузки на провода и опоры воздушных линий электропередачи. При проектировании таких линий необходим обязательный учет этих нагрузок, которые регламентируются «Правилами устройства электроустановок». От величины принятых расчетных климатических нагрузок зависит аварийность и эксплуатационная надежность воздушных линий.

Ключевые слова: гололедно-изморозевые отложения на проводах; численный прогноз погоды; модель теплового баланса на проводах.

Гололедно-изморозевые отложения на проводах создают значительные механические нагрузки, которые могут привести к обрывам проводов

ВВЕДЕНИЕ

Надежность и долговечность работы инфраструктурных объектов электроэнергетики, в том числе воздушных линий электропередачи (ВЛ), в большой мере зависят от учета метеорологических условий эксплуатации.

К опасным для электрических линий погодным явлениям можно отнести появление гололедно-изморозевых отложений (ГИО), налипание мокрого снега на провода, сильные порывы ветра, чрезмерно обильные осадки, попадание молний в опоры высоковольтных линий, аномально высокие или низкие температуры воздуха и т.д. Такие явления могут наносить ощутимый ущерб электросетевому хозяйству страны.

В качестве оперативных мероприятий могут быть использованы профилактический подогрев провода или, что бывает значительно чаще, плавка гололедных отложений по схемам плавки постоянным или переменным током, а также обивка налипания специальными шестами.

Эффективность оперативных мероприятий зависит от их своевременности и может быть заметно повышена за счет применения краткосрочных надежных специализированных прогнозов, описанию которых посвящена эта статья. Результаты других видов прогнозов метеорологических явлений, опасных для линий электропередачи, разработкой которых занимаются авторы, приведены в некоторых статьях [см. 1–4].

Ни в России, ни за рубежом в настоящее время не существует оперативной системы, предоставляющей информацию о параметрах гололедообразования на ВЛ, учитывающих специфику этих объектов и особенности их эксплуатации.

Исследованию возможностей прогноза гололедно-изморозевых налипаний на проводах посвящено относительно немного публикаций [5–12]. О подобных же публикациях в России нам вообще не известно. Причем во всех опубликованных методах упор делается на определение типа осадков, приводящих к обледенению проводов. Без сомнения, холодные осадки являются одной из основных причин, влияющих на формирование ГИО. Использование тепло-балансной модели позволяет учитывать все возможные причины образования ГИО.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В этой работе приводится попытка прогнозирования образования ГИО на проводе в результате как ледяных дождей, так и в случаях появления конденсата при высокой влажности и низкой температуре с помощью тепло-балансной модели. Данный подход является феноменологическим, а не причинным. Тепловой баланс рассчитывается для поверхности провода и представляет собой сумму солнечной радиации, усвоенной длинноволновой радиации, явного турбулентного тепла, скрытого тепла на испарение и сублимацию, учитывающую замерзание влаги.

Для расчета теплового баланса в качестве входных данных используются результаты прогнозов характеристик воздуха и поверхности проводов, рассчитываемых с помощью региональной гидродинамической модели, имеющей достаточно высокое пространственное разрешение. Мы использовали модель WRF-ARW (Исследование и прогноз погоды, США) с шагом по пространству 18 км. Эта модель свободно распространяется и уже более 10 лет эксплуатируется нами для различных исследований в ООО «Мэп Мейкер» и в Гидрометцентре России. В будущем при увеличении вычислитель-

ПОСТ СИСТЕМЫ МИГ, НАХОДЯЩИЙСЯ НА ТЕЛЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОПОРЫ

Рис. 1

ных ресурсов пространственное разрешение будет увеличено до 2 км. Конфигурация модели подробно описана в отдельных работах [1–4]. В качестве входных данных для расчета баланса на проводах ВЛ использовались прогностические величины температуры воздуха и точки росы на уровне ВЛ, интенсивность осадков и скорость ветра на уровне ВЛ.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном разделе проведен анализ прогнозов обледенения проводов в Волгоградской области. В качестве эталонных данных для верификации результатов были применены показания натяжения подвески изоляторов фазных проводов и грозотросов, полученные в ходе прямых измерений постами системы телеметрии гололедных нагрузок МИГ [2, 3] для пролетов длиной 120 м для проводов АС-240 в осенне-зимний период 2016–2017 гг. в ПОО «Волгоградские электрические сети» «Волгоградэнерго» в районе г. Камышин. Фотография прибора для измерения веса пролета приведена на рис. 1 на с. 43.

Карта расположения метеорологических станций и пунктов измерения веса проводов приведена на рис. 2. Измерения веса проводов проводились с помощью тензометрического датчика, установленного в разрыв «лодочки» и двухлапчатого ушка — под потенциалом фазного провода. Измеренные данные каждые 20–30 с передавались по радиоканалу на пост системы МИГ, находящийся на теле промежуточной опоры (см. рис. 1).

На карте на рис. 2 приведено расположение станций синоптической наблюдательной сети в регионе (черные кружки), на которых велось наблюдение за гололедом, использованных для оценок результатов прогнозов, и пункта измерения веса проводов 13а (крестик).

Всего в нашем распоряжении имелись данные с четырех станций измерения веса проводов в пролете. На трех станциях были большие перерывы в наблюдениях (более нескольких недель) и резкие необоснованные скачки, поэтому в данном исследовании используются только измерения станции 13а (см. рис. 2).

Приведем некоторые результаты анализа прогнозов образования ГИО, произведенных с помощью тепло-балансной модели и региональной прогностической модели WRF-ARW.

На ВЛ 13а дважды за январь 2017 г. была организована плавка

КАРТА РАСПОЛОЖЕНИЯ СТАНЦИЙ СИНОПТИЧЕСКОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬСКОЙ СЕТИ В РЕГИОНЕ (ЧЕРНЫЕ КРУЖКИ), ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНОК РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗОВ И ПУНКТА ИЗМЕРЕНИЯ ВЕСА ПРОВОДОВ 13А (КРЕСТИК)

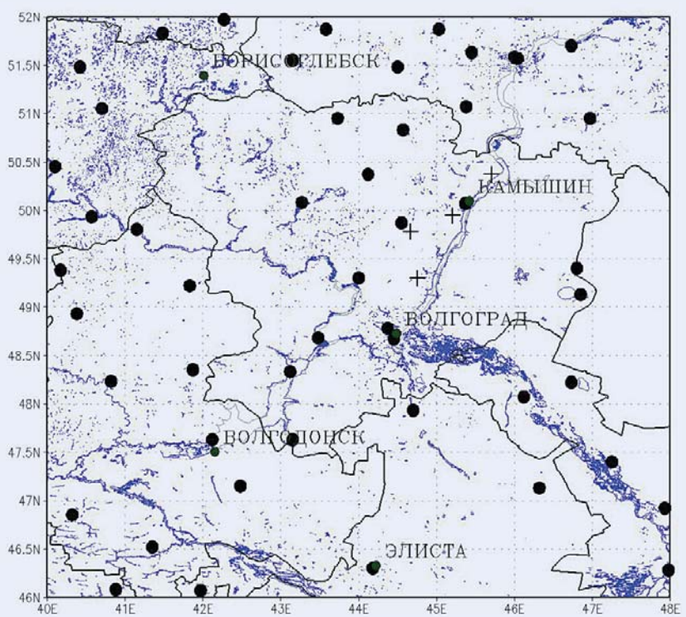


Рис. 2

ДАННЫЕ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕСА (КГ) КАЖДОГО ПРОВОДА В ПУНКТЕ 13А В ЯНВАРЕ 2017 Г.

Рис. 3

гололедных отложений (15–17 и 27 января). Так как провода находятся на разной высоте (+/– 2–3 м), они испытывают несколько отличающиеся условия образования ГИО.

Результаты наблюдений за январь 2017 г. в пункте 13а за весом трех проводов в пролете представлены на рис. 3.

Значительное увеличение веса проводов в пролете ВЛ между 6 и 16 января соответствует интенсивному образованию ГИО. Особенно интенсивным оно было с 12 по 15 января, когда вес проводов увеличивался в 3–4 раза. Резкое падение веса проводов, отраженное на графиках, например, 16 января, соответствует использованию процесса плавления льда на них.

Очевидно, что именно перед этим скачком весьма востребованным для энергетиков мог бы стать правильный прогноз возникновения и интенсивности ГИО. Нами были выполнены четыре прогноза на сутки с использованием тепло-балансной модели [4], адаптированной для проводов ВЛ за счет задания теплоемкости и теплопроводности, близкой к алюминиевым проводам. Для расчета баланса использовались прогностические величины температуры, скорости ветра и влажности воздуха, а также осадков на высоте, близкой к проводам ВЛ. Начальные данные для тепло-балансной модели задавались из результатов суточных прогнозов соответствующих дат прогностической региональной модели.

Проанализируем качество прогнозов образования ГИО. Для этого на рис. 4 на с. 46 представлены результаты четырех случаев суточного прогноза для пункта 13а. Судя по рис. 3, первый случай ГИО наблюдался на станции 12 января 2017 г. Данные строки а, столбца 1 рис. 4 показывают, что в ходе измерений наблюдался устойчивый рост веса проводов, т.е. происходил рост отложений. На рис. 4 (строка б, столбец 1) представлены результаты прогноза по тепло-балансной модели. В строке в проиллюстрированы различные состояния проводов ВЛ. Обледенению соответствует индекс 3. Можно видеть, что в первом случае обледенение наблюдалось в начале и середине представленного прогноза 3. Интенсивность обледенения мы можем установить по значению количества снега/льда на проводе (рис. 4, строка б, столбец 1). Условимся считать, что толщина отложения от 1 до 20 мм соответствует слабому обледенению, от 20 до 50 мм — умеренному, больше 50 мм — сильному. Заметим, что резкий рост отложений во второй половине периода (рис. 4, строка б, столбец 1) соответствует индексу 3, а не 1, который означает снег, и нас в данном прогнозе не интересует.

Рассмотрим второй случай обледенения, наблюдавшегося 15 января 2017 г., представленный в столбце 2 рис. 4. В начале прогноза (строка а) была проведена плавка льда на проводах, в результате чего их вес резко снизился. Однако обледенение продолжилось, на что указывает рост веса проводов во второй трети прогноза. Видно, что прогноз обледенения воспроизведен удачно (индекс 3 на рис. 4, строка в, столбец 2).

Перейдем к третьему случаю гололеда, наблюдавшемуся 23 декабря (рис. 4, столбец 3). На рис. 4 (столбец 3, строка а) виден значительный рост веса проводов в последней трети представленного временного интервала. Этому росту соответствует рост отложений льда (рис. 4, столбец 3, строка б) и наличие обледенения на проводе (индекс 3 на рис. 4, столбец 3, строка в). Также можно отметить в прогнозе наличие обледенения в его начале, чего не происходило

в реальности. Это могло произойти из-за нагрева проводов нагрузочным током в эти часы.

Таким образом, из рис. 4 видно, что удалось вполне удачно спрогнозировать три случая появления ГИО на проводах, представленных на рис. 4 в первых трех столбцах.

Рассмотрим четвертый случай 4 февраля 2017 г., когда гололеда не было, так как масса проводов не увеличивалась (рис. 4, столбец 4). На рис. 4 (столбец 4, строка а) виден рост отложений, однако ему не соответствуют индекс 3 (строка в). Индекс 1 означает сухой снег, который не задерживается на проводе. Из этого можно заключить, что в данном случае не возникло ложного прогноза ГИО.

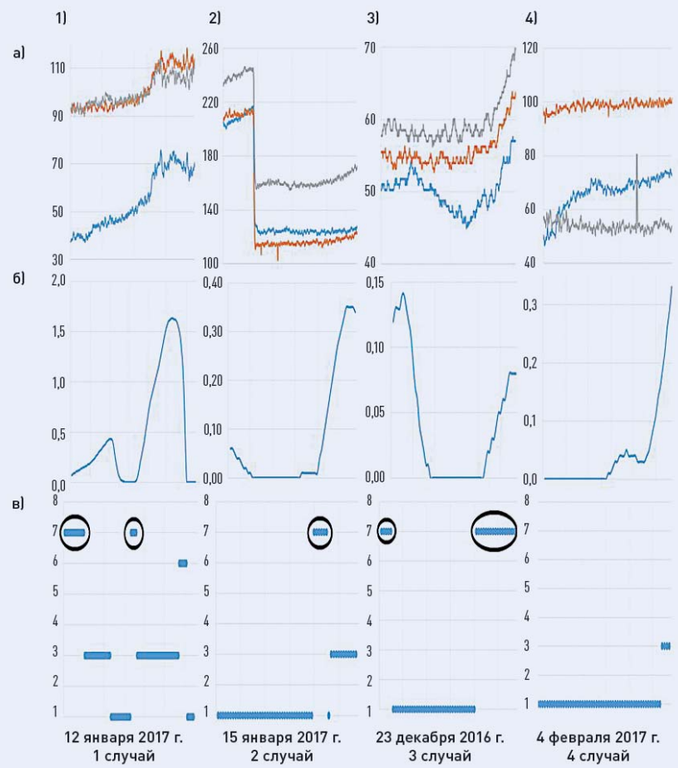
В течение зимы 2016–2017 гг. наблюдались еще несколько случаев ГИО. Все они были удачно воспроизведены тепло-балансной моделью, но детальный анализ в данной статье приведен только для трех случаев (см. рис. 4). Также было рассмотрено два случая отсутствия ГИО, в течение этих периодов модель не прогнозировала обледенения, т.е. не возникало ложных тревог.

На рис. 5 на с. 48 для шести случаев прогнозов ГИО хорошо прослеживается связь между толщиной снега/льда на проводе и увеличением веса проводов. Связь имеет характер, близкий к экспоненциальному.

В качестве наиболее надежного прогноза наличия и интенсивности обледенения проводов предлагается проводить прогноз не более чем на сутки. Этот срок связан с минимизацией ошибок прогноза характеристик приземной атмосферы.

В частности, прогноз в первом случае, для 12 января 2017 г., мог бы быть сформулирован таким образом: «В течение 12 января ожидается умеренное ГИО на ВЛ в районе пункта 13а». Во втором случае, 15 января 2017 г., представленном на рис. 4 (строка б) он был бы таким: «15 января ожидается сильное обледенение проводов. Целесообразно предусмотреть мероприятие по плавке льда на проводе».

ИЗМЕНЕНИЕ СО ВРЕМЕНЕМ ВЕСА ОТЛОЖЕНИЙ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ — СТРОКА А), Н (ММ), — ТОЛЩИНЫ СНЕГА/ЛЬДА НА ПРОВОДЕ ПО ПРОГНОЗУ — СТРОКА Б) И СУТОЧНЫЙ ПРОГНОЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДА — СТРОКА В)



Значения индексов состояния проводов: 1 — сухой провод; 2 — влажный провод; 3 — наличие обледенения на проводе

Рис. 4

20-я специализированная выставка
ЭНЕРГЕТИКА. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.
Энерго- и ресурсосбережение.
ПРОЕКТ ФОРУМА "ВЕЛИКИЕ РЕКИ"/ ICEF
ICEF
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ "ВЕЛИКИЕ РЕКИ"
РОССИЯ, НИЖНИЙ НОВГОРОД, МАЙ 2018
реклама
РОССИЯ НИЖНИЙ НОВГОРОД НИЖЕГОРОДСКАЯ ЯРМАРКА
ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:
Высоковольтное оборудование, трансформаторы.
Кабели, провода, электрокерамические изделия, светотехническое оборудование, низковольтная электроустановочная аппаратура.
Котельное и вспомогательное оборудование, теплообменные аппараты. Турбогенераторы, турбины, насосы, компрессоры.
Электрические машины, электроприводы, аккумуляторы. Измерительное оборудование, диагностика.
Комплексная автоматизация технологических процессов.
Новые технологии в производстве и сбережении электроэнергии.
Услуги по проектированию, установке, обслуживанию энергетического оборудования.
Альтернативная энергетика.
Технологии и оборудование для ликвидации аварийных ситуаций.
РСПП
Присужден в 2003 году
Присужден в 2000 году
15-18 мая 2018 года
Нижний Новгород, ул. Совнаркомовская, 13
Телефоны: (831) 277-56-90, 277-55-95
e-mail: irina@yarmarka.ru
www.yarmarka.ru

ОЦЕНКИ ПРОГНОЗА ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

	Лед > 2 мм	Лед > 0,5 мм
Общая оправдываемость, U	80	67
Оправдываемость прогноза факта гололеда, $U_{гол}$	28	28
Предупрежденность факта гололеда, $П_{гол}$	24	84
Оправдываемость прогноза отсутствия гололеда, $U_{без\ гол}$	88	96
Предупрежденность факта отсутствия гололеда, $П_{без\ гол}$	90	64
Критерий Пирси, T	0,14	0,49
Число случаев наблюдения с гололедом	38	38
Число случаев наблюдения с отсутствием гололеда	228	228
Число прогнозов с гололедом	32	113
Число прогнозов с отсутствием гололеда	234	153
Общее число случаев	266	266

$$U = \frac{n_{11}+n_{22}}{n_{00}} * 100\%,\ U_{гол} = \frac{n_{11}}{n_{10}} * 100\%,\ П_{гол} = \frac{n_{11}}{n_{10}} * 100\%$$

$$U_{без\ гол} = \frac{n_{22}}{n_{20}} * 100\%,\ П_{без\ гол} = \frac{n_{22}}{n_{02}} * 100\%,\ T = \frac{n_{11}}{n_{01}} - \frac{n_{12}}{n_{02}} \equiv \frac{n_{22}}{n_{02}} - \frac{n_{21}}{n_{01}},$$

где n_{11} — число оправдавшихся прогнозов гололеда, n_{12} — число неоправдавшихся прогнозов гололеда, n_{10} — число прогнозов наличия гололеда, n_{21} — число неоправдавшихся прогнозов отсутствия гололеда, n_{22} — число оправдавшихся прогнозов отсутствия гололеда, n_{20} — число прогнозов отсутствия гололеда, n_{01} — число случаев с гололедом, n_{02} — число случаев без гололеда, n_{00} — общее число прогнозов гололеда и его отсутствия для всей выборки (общее число случаев)

Таблица 1

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕСА P (КГ) ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРОВОДАХ ОТ ТОЛЩИНЫ СНЕГА/ЛЬДА H (ММ) НА ВЛ

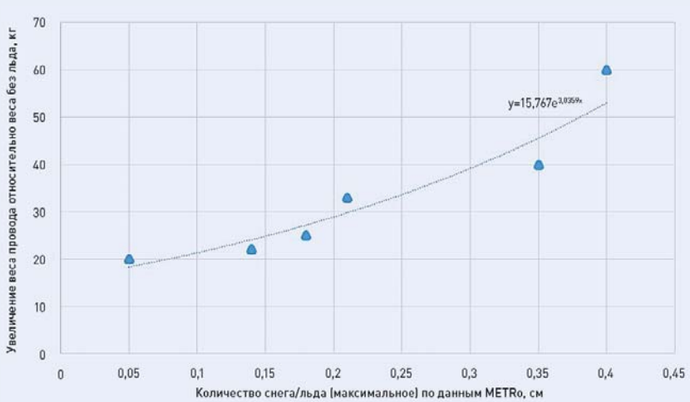


Рис. 5

Близкое к наблюдениям воспроизведение тепло-балансной моделью температуры воздуха и провода позволяет надеяться, что количество и величина отложений будут воспроизведены удачно.

Мы рассмотрели прогноз роста ГИО для одной точки, в которой имелись измерения веса провода в пролете ВЛ. Это позволило специальным образом настроить тепло-балансную модель.

На основе этих расчетов была сделана попытка распространить прогноз на всю конкретную территорию расчетной области. В каждом узле прогнозировалось наличие (или отсутствие) ГИО и его интенсивность на сутки. Результаты прогноза сравнивались с наблюдениями на метеорологических станциях, которые приведены на рис. 2 на с. 44. Также прогнозировалась интенсивность

КАРТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГОЛОЛЕДОМ (СЛЕВА) ДЛЯ ТРЕХ ДАТ 12 И 17 ДЕКАБРЯ 2016 Г. И 12 ЯНВАРЯ 2017 Г. ГИО ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ (СЛЕВА, СИНИЙ КРУЖОК — НАЛИЧИЕ ГИО) И ПРОГНОЗ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГИО (СПРАВА, ЦВЕТНОЕ ПОЛЕ)

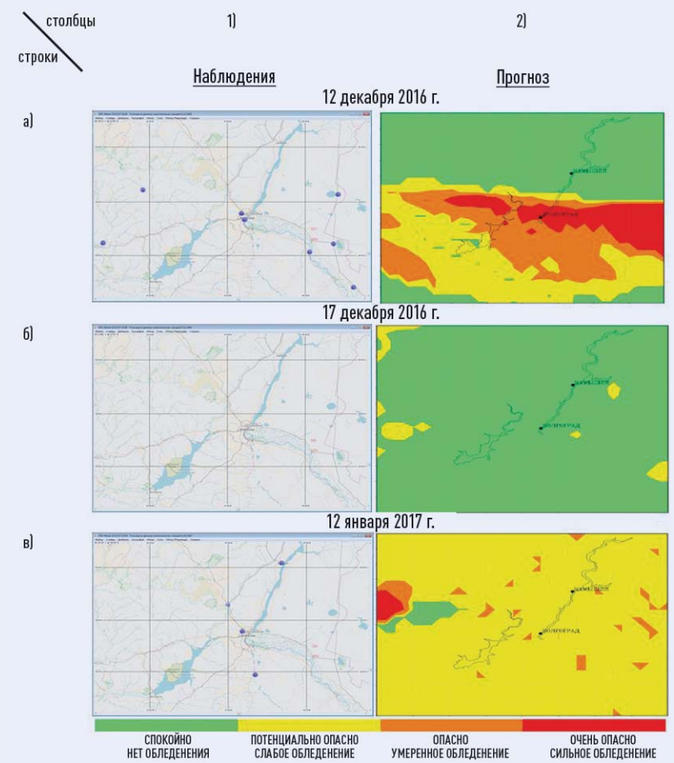


Рис. 6

обледенения, которая определялась по величине прогнозируемых отложений льда: слабое обледенение — от 1 до 20 мм, умеренное обледенение — от 20 до 50 мм, сильное обледенение — более 50 мм. В каждой точке определялись интервалы времени существования ГИО. В течение этих интервалов выбирался максимум величины ледяных отложений. Эта величина в каждом узле карты являлась результатом суточного прогноза ГИО.

Из рис. 6 видно, что 12 декабря прогнозировалось ГИО в южной части региона. Это подтверждается данными наблюдений. В северной части области ГИО не прогнозировалось, там его не было и в наблюдениях. 17 декабря в прогнозе ГИО отсутствует, что подтверждается данными наблюдений. 12 января умеренное и слабое обледенение прогнозировалось на большей части территории, что видно на рис. 6 справа. При этом ГИО дали в сводках четыре метеорологические станции, что видно на рис. 6 слева.

С помощью той же методики можно прогнозировать продолжительность ГИО, в том числе и для каждого уровня его интенсивности. Пример такого прогноза представлен на рис. 7 на с. 50. Из рисунка видно, что ожидаемая продолжительность обледенения в некоторых районах составляет более 4 ч.

Также была проведена проверка прогноза обледенения по данным наблюдений на метеорологических станциях в регионе. Для этих целей проанализировали данные наблюдений в области, ограниченной 46° и 52° с. ш., 40° и 48° в. д. На этой территории наблюдения осуществляются на 50 синоптических станциях. Кроме того, были проанализированы случаи, когда на станциях наблюдался ГИО или ледяной дождь, и случаи без этих явлений.

Всего было выбрано восемь случаев, рассмотренных выше. Оказалось, что в шести случаях по крайней мере на нескольких станциях наблюдатели отмечали ледяной дождь или гололед. В двух выбранных случаях гололеда не отмечалось, но они необходимы

для адекватной оценки прогноза факта отсутствия гололеда. Результаты представлены в табл. 1 на с. 48.

Дополнительно было рассчитано два прогноза с разными порогами наличия льда на проводе: 0,05 см и 0,2 см. Считалось, что ГИО есть в случае превышения величины этих порогов (см. табл. 1). Зеленым цветом выделены лучшие из двух значений.

Из таблицы следует, что прогноз гололеда в случае порога 0,05 см можно считать более успешным, так как из шести приведенных оценочных характеристик три оказались в нем лучше, две — в другом прогнозе, а одна характеристика оказалась одинаковой.

ВЫВОДЫ

Результаты приведенных в данной статье прогнозов ГИО на ВЛ в Волгоградской области могут рассматриваться как примеры использования разработанной авторами оригинальной технологии, проверенной на всех имеющихся в их распоряжении надежных случаях измерения веса проводов в пролете ВЛ. Результаты расчетов сравнивались с прямыми измерениями. Представляется, что результаты данной работы вполне оптимистичны и будут востребованы в энергетической отрасли. Дальнейшее развитие предлагаемого метода предполагает обработку и анализ результатов на большом статистическом материале.

КАРТА ПРОГНОЗА ОБЩЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОБЛЕДЕНЕНИЯ (ЧАСЫ) ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ 12 ДЕКАБРЯ 2016 Г.

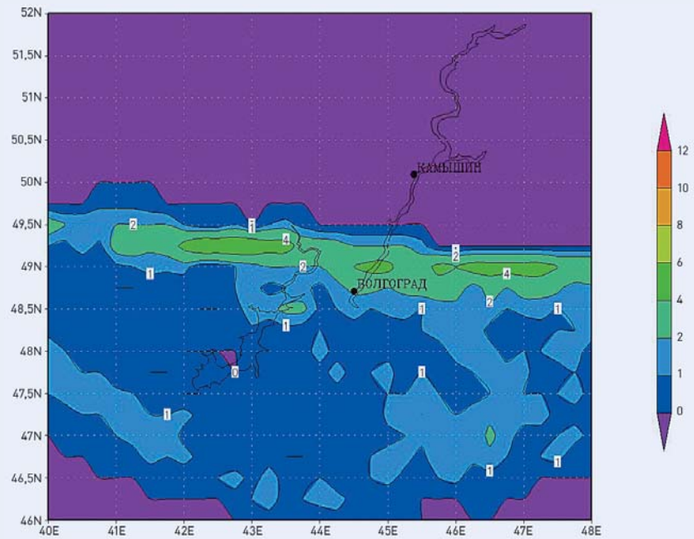


Рис. 7

ЛИТЕРАТУРА

1. Бычкова В.И., Рубинштейн К.Г., Игнатов Р.Ю. Прогноз низовой метели с помощью выходной продукции численной модели атмосферы. — Метеорология и гидрология, 2018. №1. С. 15–27.
2. Губенко И.М., Рубинштейн К.Г. Прогноз грозовой активности с помощью модели электризации кучево — дождевых облаков. — Метеорология и Гидрология, 2017. №2. С. 5–17.
3. Курбатова М.М., Рубинштейн К.Г. Гибридный метод прогноза порывов ветра. — Оптика атмосферы, 2018. №10.
4. Рубинштейн К.Г., Елисеев Г.В., Игнатов Р.Ю., Ширяев М. В. Первые оценки качества работы системы раннего предупреждения о метеорологических угрозах для Мурманской области. — Арктика, Экология и Экономика, 2014. С. 77–85.
5. Titov D.E., Ugarov G.G., Ustinov A.A. Analysis of application of models to assess parameters of ice formation on overhead electric power lines. — Power Technology and Engineering, 2017. Vol. 51. Issue 2. P. 240–246.
6. Titov D.E., Ugarov G.G., Soshinov A.G. Monitoring the Intensity of Ice Formation on Overhead Electric Power Lines and Contact Networks. — Power Technology and Engineering, 2015. Vol. 49. Issue 1, P. 78–82.
7. Ashkan Zarnani, Petr Musilek, Xiaoyu Shi et all. Learning to predict ice accretion on electric power lines. — Journal Engineering Applications of Artificial Intelligence archive, 2012. Vol. 25. Issue 3. P. 609–617.
8. Crevier, L.-P., and Delage Y. METRo. A New Model for Road-Condition Forecasting in Canada. — Journal of applied meteorology, November 2001. Vol. 40. P. 2026–2037.
9. DeGaetano A.T., Belcher B.N., Spier P.L. Short-term ice accretion forecasts for electric utilities using the weather research and forecasting model and a modified precipitation-type algorithm. — Weather and Forecasting, 2008. Vol. 23. P. 878–853.
10. G. Thompson, at all. Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model to Predict Ground / Structural Icing. — IWAIS XIII, Andematt, September 8 to 11, 2009. P. 2–10.
11. B. Egil K., Nygaard. Evaluation of icing simulations for the "COST727 icing test sites" in Europe. — IWAIS XIII, Andematt, September 8 to 11, 2009. P. 11–16.

реклама

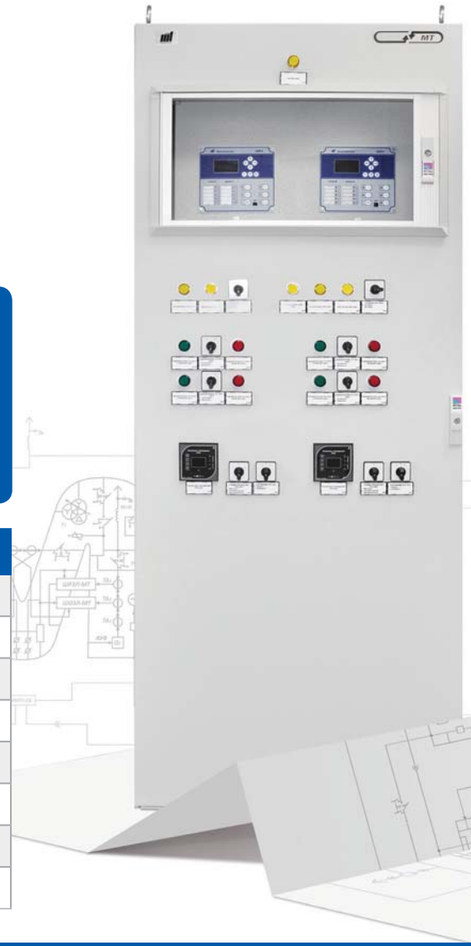
Шкаф регулирования напряжения трансформатора типа ШЭ-МТ-025 (ШАРНТ-МТ)

МЭК 61850

Назначение:
- Регулирование коэффициента трансформации под нагрузкой

В состав шкафа входит до 4-х комплектов регулирования напряжения трансформатора (выполнены на базе устройств БМРЗ-156(166)-ЦРН).
Функции комплекта:
- Регулирование напряжения трансформатора (РНТ)
- Блокировка работы РНТ
- Управление электроприводом РПН
- Контроль исправности привода РПН

Варианты исполнения:
- **Вариант 1.** Регулирование напряжения двухобмоточного силового трансформатора.
- **Вариант 2.** Регулирование напряжения трехобмоточного силового трансформатора, либо двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой стороны НН.



Опции шкафа	
Габаритные размеры шкафа (ВхШхГ)	2000x800x600 мм (базовый)
Цоколь	Нет / 100 / 200 мм
Козырек (информационная панель)	Нет / 200 мм
Исполнение	Одностороннее / двухстороннее
Передняя дверь	Со смотровым окном / сплошная
Ввод кабелей	Снизу / сверху
Оперативный ток, В	=/~ 110, 220 В
Интегрированный щит управления	Да / нет

ООО «НТЦ «Механотроника» более 27 лет разрабатывает и производит интеллектуальные устройства релейной защиты и автоматики. Развиваясь и совершенствуясь, предприятие наращивает выпуск существующих и создает новые устройства и решения, превосходящие по своим параметрам продукцию мирового уровня.

МЕХАНОТРОНИКА®
Интеллектуальные устройства релейной защиты

198206, Санкт-Петербург, ул. Пионерстроя, д. 23, лит. А
Единый телефон тех. поддержки: **8 (800) 250-63-60**
www.mtrele.ru