

8. O d n o l k o, D. S. (2011) Condition Identification of Three-Phase Asynchronous Engines. *Elektronika, Avtomatika i Izmeritel'naia Tekhnika: Mezhvuzovskii Sbornik Nauchnykh Trudov* [Electronics, automation and Measuring Devices: Interuniversity Collection of Scientific Papers]. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 21–25 (in Russian).

9. O d n o l k o, D. S. (2012) Algorithm of Track Out “Dreifa” of Asynchronous Engine Parameters for Micro-Processing Control Systems. *Elektromekhanichni ta Energetichni Sistemi, Metodi Modeliuvannia ta Optimizatsii. Zbirnik Naukovikh Prats' X Mizhnar. Nauk.-Tekhn. Konf. Molodikh Uchenikh i Spetsialistiv* [Electromechanical & Power Systems, Methods of Modeling and Optimization. Collection of Scientific Publications of the X International Scientific-Engineering Conference of Young Scientists and Specialists]. Kremenchuk: Kremenchug National University Michael Ostrogradskii, 142–143 (in Russian).

10. O d n o l k o, D. S. (2012) Analytical Investigation of Synthesis Process for Observation of Asynchronous Engine's Parameters. *Innovatsionnye Tekhnologii, Avtomatizatsiia i Mekhatronika v Mashino- i Priborostroenii: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf.* [Innovation Technologies, Automation and Mechatronics in Mechanical Engineering and Instrument-Making Engineering: Materials of International Scientific-Practical Conference]. Minsk, Biznesofset, 140–141 (in Russian).

Представлена кафедрой электропривода  
и автоматизации промышленных установок  
и технологических комплексов

Поступила 07.04.2014

УДК 551.594.2; 621.315.1

## **ГРОВОЯЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ГРОВОЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН**

**Акад. НАН Азербайджана, докт. техн. наук, проф. ГАШИМОВ А. М.,  
канд. техн. наук ХЫДЫРОВ Ф. Л.**

*Азербайджанский научно-исследовательский  
и проектно-изыскательский институт энергетики*

E-mail: info@pei.az

Представлены результаты анализа параметров ветра на территории строительства ветроэнергетических парков на севере Азербайджанской Республики. С помощью экстраполяции рассчитаны скорости потока ветра на высотах 80 и 100 м. В условиях Азербайджанской Республики потенциал ветра вначале определяли на высоте 10–15 м от поверхности земли на основе данных флюгера, установленного на гидрометеорологической станции, расположенной в черте города Баку. Последующие измерения проводили на высоте 40 м с помощью анемометра, расположенного за чертой города в южном направлении. Установлено, что на высоте 100 м скорость ветра существенно превышает скорость ветра на высоте 22 м. Следовательно, высота 100 м является рентабельной для построения и эксплуатации ветряных сооружений. Результаты фактических измерений показали, что скорость ветра зависит от высоты и времени суток. Изменение в течение месяца потока ветра соответствует изменению суточного графика мощности энергетической станции, и коэффициент корреляции двух процессов оказывается достаточно высоким и составляет 0,61. Для построения парка ветровой электрической станции необходимо в течение одного года на различных высотах (до 100 м) непрерывно проводить фактические измерения параметров ветра. В противном случае размещение вет-

ровой станции на данном участке может быть нерентабельным. КПД ветряных агрегатов, помимо их конструктивных особенностей, также зависит от правильного выбора места их установки.

Передача энергии, вырабатываемой с помощью ветряных электростанций, в энергосистемы потребителю тесно связана со скоростью ветра, плотностью воздуха, распределением потока ветра и другими параметрами. Поэтому исследование параметров ветра имеет экономическое и даже юридическое значение.

**Ключевые слова:** грозовая деятельность, грозозащита, карты интенсивности грозовой деятельности.

Ил. 2. Библиогр.: 17 назв.

## THUNDERSTORM ACTIVITY AND LIGHTNING PROTECTION OF POWER PLANTS AND EQUIPMENT ON THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC

GASHIMOV A. M., KHIDIROV A. M.

*Azerbaijan Scientific-Research and Design Institute of Energy*

In the article the results of a wind parameters analysis at the wind power parks construction territory in the north of the Azerbaijan Republic are presented. By means of extrapolation the speeds of a wind stream at heights of 80 and 100 m have been calculated. In the conditions of the Azerbaijan Republic initially the wind potential was defined at height of 10–15 m from the earth surface by the data of the “weather vane” established at hydrometeorological station, located within the precincts of Baku city. The subsequent measurements were spent at height of 40 m by means of “anemometer” located outside of city boundaries in a southern direction. It is established that at height of 100 m the wind speed essentially exceeds the wind speed at height of 22 m. Hence, the height of 100 m is profitable for construction and operation of wind constructions. Results of actual measurements have shown that wind speed depends on height and time of day. It is established that change of a wind stream within a month corresponds to change of the daily schedule of power station capacity and correlation factor of two processes appears high enough and makes 0.61. Note that for building the park of wind power plant it is necessary within 1 year continuously to spend actual measurements of a wind parameters at various heights (to 100 m). Otherwise placing of wind station on the given site can be not profitable. It is necessary to notice that the efficiency of wind units, besides their constructive features also depends on a correct choice of their installation place.

On the other hand, the transmission of energy, produced by the wind power plants, in the power supply systems to the consumer is closely connected with a wind speed, air density, distribution of a wind stream, etc. parameters. From the told follows that research of a wind parameters represents the economic and somewhat legal value.

**Keywords:** thunderstorm activity, lightning protection, maps of lightning activity strength.

Fig. 2. Ref.: 17 titles.

Основным показателем надежности работы энергосистем является электроэнергия, выработанная на электрических станциях, непрерывно и без потерь передаваемая потребителям. Это главная обязанность электроэнергетических служб энергосистем. Но, несмотря на принятие всех мер, по различным причинам не всегда удается обеспечение непрерывности работы электрооборудования энергосистем. Одна из таких причин – поражение устройств и оборудования энергосистем разрядами молнии, развивающимися между облаками и землей. Выбор метода и средств грозозащиты электроэнергетических и других объектов обычно осуществляется по карте интенсивности грозовой деятельности, построенной по среднему значению в году, где указаны число грозовых дней, их продолжительность в часах, удельное число разрядов молнии на землю на квадратный километр и ожидаемый параметр токов молнии в районе расположения объектов.

Карты интенсивности грозовой деятельности территорий по среднему значению числа и продолжительности грозových дней в году обычно строятся на основании многолетних их регистраций, проводимых метеорологическими станциями и пунктами. При проектировании и строительстве как электроэнергетических, так и других промышленных и гражданских объектов их грозозащита рассчитывается на основании интенсивности грозовой деятельности по месту расположения объектов, определенных из указанных карт.

Карта интенсивности грозовой деятельности по числу грозодней для территории Республики Азербайджан впервые была построена [1] на основании 10-летних (1933–1942 гг.) регистраций в 66 метеорологических станциях и пунктах. Эта карта в последующем включена в Атлас Азербайджанской Республики [2]. Карта же по продолжительности грозových дней, приведенная в [3], построена на основании 15-летних (1942–1956 гг.) данных, которые регистрировались примерно 70 метеорологическими станциями и пунктами республики.

Известно, что чем больше период охвата регистраций статистических данных, тем их среднее значение более близко отражает истинные данные. Исходя из этого на основании многолетних метеорологических данных (более 40 лет) и по результатам натурных исследований молнии, проведенных в лаборатории «Молнии и молниезащита» Азербайджанского научно-исследовательского института энергетики (ныне – АЗНИ и ПИИЭ), авторами построены новые уточненные карты интенсивности грозовой деятельности по грозодням и продолжительности грозových дней для территории Республики Азербайджан. Эти карты в отличие от предшествующих включают в себя регистрацию данных с 1936 по 2009 г. на 98 метеорологических станциях и нескольких десятках метеопунктов, охватывающих почти всю территорию республики [4, 5]. Таким образом, показания, используемые при построении новых карт, отличаются от прежних и периодом регистрации, и числом регистрационных станций, что повлияло на величины параметров и уточнение границ контуров карты. Для территорий республики, находящихся под оккупацией армянской армии, данные регистрации по метеостанциям, расположенным в этих районах, включались в карты за период с 1936 по 1988 г. Из 98 метеостанций в 53 продолжительность регистрации составляла более 40 лет, из которых в 42 метеостанциях продолжительность регистрации – более 50 лет. В остальных же метеостанциях в 23 случаях продолжительность регистрации составляла от 21 года до 39 лет и в 15 случаях – от 10 до 20 лет.

Высота местности расположения метеостанций над уровнем моря – от минус 26 (г. Сиазань) до плюс 2294 м (пос. Истису в Кельбаджарском районе). Причем 22 метеостанции расположены на высоте от минус 26 до плюс 2 м (в зоне низменности), 20 метеостанций – на высоте плюс 3–300 м (в зоне равнин), 28 метеостанций – на высоте плюс 301–800 м (в зоне предгорья) и еще 28 метеостанций – на высоте плюс 801–2294 м (в горной и высокогорной зонах).

Изменение числа грозových дней и их продолжительности в часах по указанным зонам составляет в среднем: для низменности – 9,6 грозového дня и 13,9 грозového часа, для равнинных – соответственно 15,4 и 24,4, для пред-

горья – 15,9 и 38,94, а для горных и высокогорных – 27,9 и 50,5. Сравнение этих данных показывает, что если число грозовых дней для равнины и предгорья примерно равно, то с увеличением высоты местности над уровнем моря становится больше и продолжительность грозовых дней. Это хорошо видно из анализа соотношений продолжительности и числа грозовых дней, которые составляют: для первой зоны – 1,44, для второй – 1,58 и для третьей – 2,45, а в горных и высокогорных районах с увеличением высоты местности над уровнем моря это соотношение снижается. Такое изменение объясняется в основном прохождением фронтальных гроз в низменных и равнинных районах, а в предгорных и горных районах – образованием тепловых (местных) и прохождением фронтальных грозовых облаков.

Проведенный анализ материалов показывает, что имеется несоответствие между распределением по годам числа дней с грозами и продолжительностью гроз. Это хорошо видно из корреляционного поля зависимости средних значений продолжительности грозовых дней в году от числа грозодней (рис. 1). На рис. 1 приведен график их зависимости в виде экспоненциальных и степенных функций, а также график, который построен по формуле, приведенной в [6]. Графики хорошо согласуются для области 0–25 грозодней и 0–40 грозовых часов, где имеется наибольшее число статистических материалов. По анализу имеющихся данных, для территории Республики Азербайджан в среднем на один грозодень ( $N_{Гд}$ ) соответствует продолжительность гроз примерно 1,6 грозового часа ( $N_{Гч}$ ), т. е.  $N_{Гч}/N_{Гд} \cong 1,6$  ч [5].

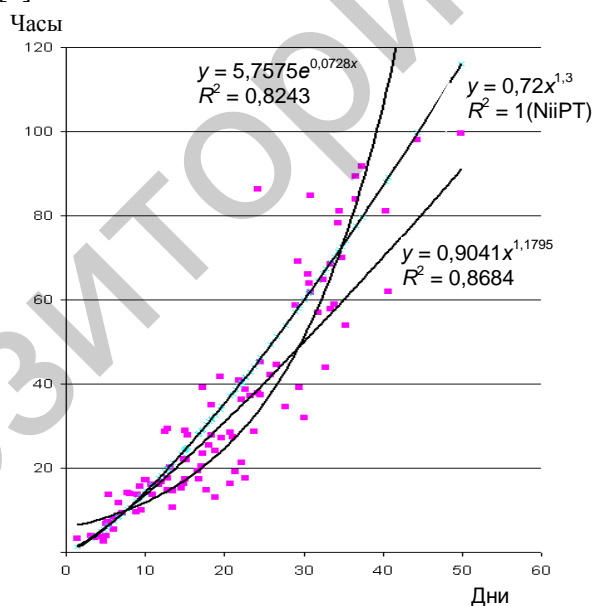


Рис. 1. Зависимость средних значений продолжительности грозовых дней в году от числа грозодней

При отсутствии данных о продолжительности грозовых дней при пересчете с грозовых дней на грозочасы рекомендуется пользоваться формулой [6]

$$N_{Гч} = 0,72N_{Гд}^{1,3}.$$

Повышение надежности защиты различных объектов от молнии невозможно без наличия точных данных о грозопоражаемости территорий, на

которых расположены эти объекты. При оценке возможности удара молнии на объекты с наиболее существенной характеристикой грозопоражаемости принимается среднегодовая удельная частота разрядов молнии в землю. Этот параметр характеристики грозовой деятельности можно определять различными методами: специальными счетчиками и многоотраслевыми системами по регистрации числа общих и наземных разрядов молнии, регистрацией поражения опор линий электропередачи и отдельно стоящих высоких объектов и молниеотводов и т. д. Один из основных способов получения данных о количестве молниевых разрядов – это ведение учета молниевых разрядов радиотехническими методами (предложенными СИГРЭ), с помощью молниевых счетчиков с частотой 10 кГц.

В последние годы развитые страны, такие как США, Германия, Франция, Япония, Канада, Испания и другие, для определения плотности разрядов молнии на своей территории используют различные многопунктовые системы регистрации мест и параметров разрядов молнии. Это пассивные радиотехнические системы пеленгации гроз, основанные на регистрации импульсов электромагнитного излучения разряда молнии. Как пример можно указать системы NLDN, LADR, LPATS, TOA, SAFIR, выпускаемые различными фирмами США и Финляндии. В России для пеленгации гроз использовались различные однопунктные системы типа «Очаг» и многопунктные АГПД, АРС и ВЕРЕЯ. В последние годы по заказу Росгидромета на Северном Кавказе финская фирма Vaisala развернула комплекс, состоящий из четырех грозопеленгаторов типа LS8000, работающих в VHF-диапазоне 112–118 МГц и LF-диапазоне 1–350 кГц. В LF-диапазоне уверенность регистрации от каждого датчика составляет 650 км. Точность определения местоположения ударов молнии – от 300 м в центре до 50 км на периферии области регистрации. В VHF-диапазоне общая область регистрации в два раза меньше, а минимальная точность составляет 600 м. Здесь следует отметить, что все указанные значения как по дальности действия, так и точность определения видов разрядов молнии (разрядов в землю или между облаками), указанные в технических характеристиках грозопеленгаторов, зависят от формы и параметров импульсов токов молнии, а также траектории и разветвленности каналов разрядов молнии [7, 8].

Как было указано, построенные и описанные авторами две карты по интенсивности грозовой деятельности по среднему числу и продолжительности грозовых дней представляют собой общую характеристику интенсивности грозовой деятельности местности. При расчете грозозащиты каких-либо наземных объектов необходимо иметь данные об удельной плотности ( $N_{уд}$ ) и о параметрах токов разрядов молнии в землю в районе расположения объекта. Когда нет такой карты или данных об удельной плотности разрядов молнии в землю, определение примерного значения этого параметра из вышеуказанных карт можно осуществить расчетным путем по формулам:

$$N_{уд} = 0,036N_{гд}^{1,3} [9]; N_{уд} = 0,05N_{гч} [6]; N_{уд} = 0,067N_{гч} [10].$$

Карта интенсивности грозовой деятельности по удельному числу грозовых разрядов в землю на квадратный километр, т. е. карта удельной плот-

ности разрядов молнии в землю для территории Азербайджанской Республики с использованием результатов многолетних натурных исследований молнии, проведенных в АзНИИэнергетики (рис. 2), построена авторами. При создании этой карты были использованы результаты работ: комплексно-натурные исследования молнии (в периоды 1969–1981 гг.) в полевой лаборатории, находившейся вблизи г. Шуша; совместные регистрации амплитуды и крутизны токов молнии при прямых ее ударах в опоры ЛЭП 110–330 кВ Азербайджанской энергосистемы, расположенные на различных высотах местности над уровнем моря (в периоды 1964–1976 гг.) и на 39 одиночных высоких объектах (радиотелевизионных вышках и на отдельно стоящих молниеотводах республики) в периоды 1971–1982 гг.; регистрации общего количества разрядов молнии счетчиками молнии, установленными на территории 12 метеорологических станций и пяти других объектов (в периоды 1973–1974 гг.) [11–13].

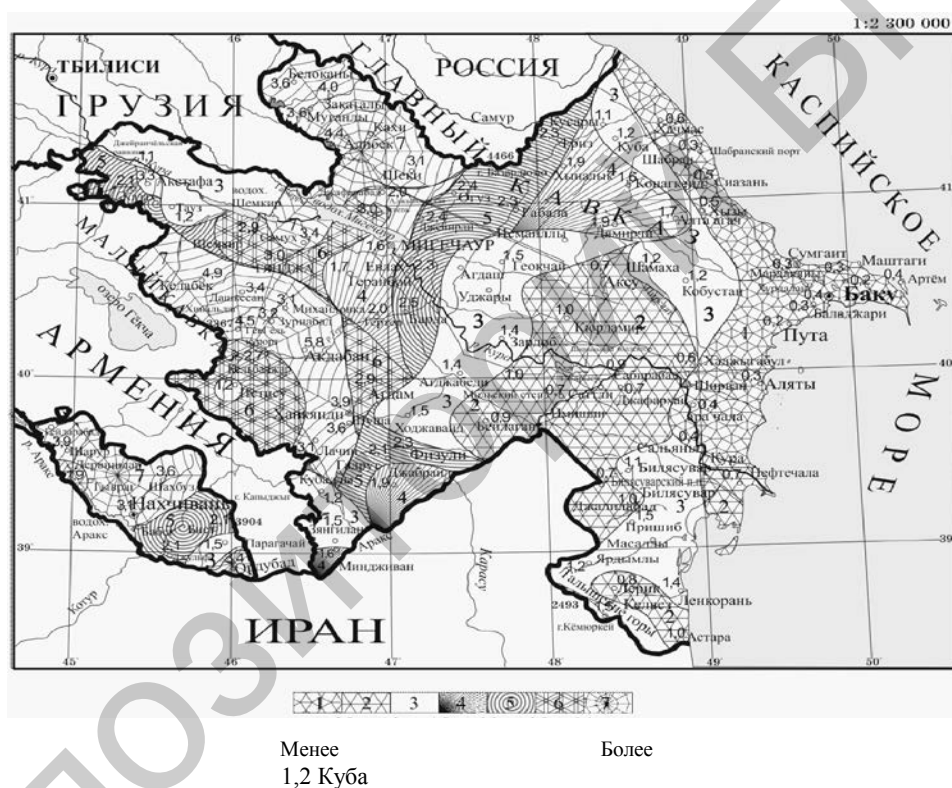


Рис. 2. Среднее число разрядов молнии на 1 км<sup>2</sup> в году

Радиус действия счетчиков разрядов молнии составлял примерно 15 км [11]. Счетчики регистрировали разряд, происходящий как между облаком и землей, так и между и внутри облаков. Соотношение числа наземных разрядов и общего количества регистрируемых принимали равным 1:4. Его определяли на основании совместной оптико-осциллографической регистрации разрядов молнии в полевой лаборатории [11]. Перерасчет от зарегистрированных чисел разрядов молнии на воздушных линиях (ВЛ) электропередачи и высоких объектах на площадь земли производили по формулам [6–8, 10, 14, 15]. Карта составлена с учетом физико-

географических и климатических зон республики. Согласно этой карте, удельная плотность разряда молнии в направлении Кура-Араксинской низменности уменьшается, а в предгорных и горных направлениях повышается. На карте приведен также средний показатель удельного количества разрядов молнии на местах нахождения метеостанций. На все перечисленные карты в 2011 г. получены авторские свидетельства от Агентства по защите прав авторов Республики Азербайджан.

Связь между грозовой деятельностью и надежностью грозозащиты ВЛ электропередачи всегда является актуальной задачей. Для анализа грозоупорности ВЛ 110–500 кВ энергосистемы республики из центрального диспетчерского журнала были взяты все автоматические отключения, зарегистрированные за период 2005–2009 гг., которые происходили по неизвестным причинам, а также грозовые отключения, определенные эксплуатационным персоналом, и переписаны в специальные журналы. Из числа автоматических отключений по неизвестным причинам выявили отключения, связанные с грозовыми разрядами. Сравнивали время отключения, зарегистрированное в центральном диспетчерском журнале, с указанием времени о грозовых ситуациях на трассе ВЛ, полученных от республиканского гидрометеорологического Департамента за период 2005–2009 гг. для всей территории республики. Из-за того, что метеостанции в основном расположены в районных центрах или городах, а трасса ВЛ проходит вдали от населенных пунктов, для определения отключения, связанного с разрядами молнии, места расположения метеостанций и трасса ВЛ 110–500 кВ нанесены на карты республики в масштабе 1:500000. После этого для выяснения причин автоматических отключений ВЛ время отключения сравнивали с временем грозовых ситуаций, зарегистрированных на метеостанциях, находящихся вблизи трасс данной ВЛ. Это определение возможно при знании средней скорости движения грозовых облаков, которая для местных грозовых облаков составляет примерно 20–25 км/ч, а для фронтальных – 60–80 км/ч [16].

Учитывая указанные скорости грозовых облаков, по такой методике из числа автоматических отключений по неизвестным причинам определено количество отключений ВЛ 110–500 кВ, связанных с наземными разрядами молнии за 2005–2009 гг. Сравнительный анализ грозоупорности ВЛ, соответствующий по классу напряжения и конструктивным параметрам промежуточным опорам, проведен по удельному числу грозовых отключений  $N_{уд}$ . Его определяли отношением среднего значения фактического числа продолжительности грозовых часов, зарегистрированных на метеостанциях, расположенных вблизи каждой трассы ВЛ в период анализа, к 100 грозовым часам и фактической длине рассматриваемых линий на 100 км по формуле

$$N_{уд} = \frac{n_{факт1}}{TLN_{гч}} \cdot 10^4,$$

где  $n_{факт1}$  – фактическое число грозовых отключений, зарегистрированных в период анализа;  $T$  – период проведения анализа, год (в рассматриваемом случае  $T = 5$  лет);  $L$  – фактическая длина ВЛ, км;  $N_{гч}$  – среднее значение

числа грозových часов, зарегистрированных в период анализа на метеостанциях, расположенных вблизи трассы каждой рассматриваемой ВЛ, ч.

Наряду с отключениями, связанными с разрядом молнии на ЛЭП 110–500 кВ, на протяжении пяти лет (2005–2009 гг.) определены также данные по общим отключениям, возникшим по неизвестным причинам. С целью проведения сравнительного анализа по общему числу отключений, как было указано выше, определяли их удельное число на 100 км ВЛ на основе фактического числа отключений, зарегистрированных в период анализа, по формуле

$$N_{уд2} = \frac{n_{факт2}}{TL} \cdot 10^2,$$

где  $n_{факт2}$  – фактическое число общих отключений за 5 лет;  $T$  – период проведения анализа ( $T = 5$  лет);  $L$  – фактическая длина ВЛ, км.

Для проведения анализа автоматических отключений ВЛ 110 кВ, зарегистрированных по неизвестным причинам, линии, имеющие длины, менее 10 км, а также городские исключали из анализа при определении как общего числа, так и разрядов молний. Несмотря на то что на этих линиях тоже было зарегистрировано немалое число отключений за пять лет, на них регистрировалось множество отключений, которые не имелись на линиях, находящихся вне городских условий. Поэтому при приведении их длины на 100 км и сравнении с более длинными линиями получили несравнимо большее число отключений по неизвестным причинам.

Анализ удельного числа общих отключений по неизвестным причинам показывает, что по некоторым линиям 110 кВ оно составляет более 50. Эти линии в основном были построены в 1950–1960 гг. и последующие годы прошлого столетия, и их длина в большинстве случаев составляла примерно 15–40 км. К этим линиям относятся: Пойлинская (1950 г. – 16,2 км;  $N_{уд2} = 86,4$ ), 3-я Уджарская (1956 г. – 16,4 км;  $N_{уд2} = 64,6$ ), Исмаиллинская (1960 г. – 41,5 км;  $N_{уд2} = 56,3$ ), 2-я Южная (1961 г. – 11 км;  $N_{уд2} = 93,0$ ), 2-я Геокчайская (1977 г. – 19 км;  $N_{уд2} = 105,4$ ), 2-я Шемахинская (1982 г. – 31,9 км;  $N_{уд2} = 52,0$ ), Халаджская (1984 г. – 33,5 км;  $N_{уд2} = 108,6$ ), Агдамская (2000 г. – 28,0 км;  $N_{уд2} = 65,6$ ) и др.

Удельное число общих отключений линий 220 и 330 кВ, по данным 2005–2009 гг., по неизвестным причинам показывает, что оно в среднем по некоторым линиям составляет соответственно 15,0 и 7,4. Эти линии в основном также были построены в 50–60-е гг. прошлого столетия и являлись основными энергоносительными артериями Республики Азербайджан. Анализ общих отключений по неизвестным причинам линий 110–500 кВ показывает, что удельное число отключений меньше зависит от года сдачи их в эксплуатацию, чем от характеристики грунтов и климатических условий прохождения трассы ВЛ, а также уровня эксплуатации.

По приведенной методике первоначально из общего числа отключений ВЛ 110–500 кВ по неизвестным причинам определено число отключений, связанных с разрядами молнии. Здесь следует отметить, что в некоторых случаях из-за отсутствия близко расположенных к трассе ВЛ метеороло-



гических станций их определение затруднено. Поэтому по некоторым ВЛ число грозových отключений получилось заниженным.

Как и предполагалось, относительно большое удельное число грозových отключений было выявлено на ВЛ 110 кВ, трасса которых расположена в равнинных и предгорных зонах, где в основном проходят фронтальные грозových облака. Удельное число грозového отключения на ВЛ 110 кВ в процентном отношении к общему числу составляло от 4,9 до 52,8 %, среднее значение – 21,2 %. Относительно высокие проценты были отмечены на линиях, трассы которых проходят как по равнинным, так и по предгорным зонам и мало зависят от среднего значения числа грозových дней по трассе ВЛ, отмеченных в рассмотренном периоде. По ВЛ 220 и 330 кВ указанное процентное отношение в среднем составляет соответственно 6,3 и 14,9 %.

Из-за отсутствия полных данных по метеоусловиям для всестороннего анализа автоматических отключений авторы ограничились только определением числа отключений, зарегистрированных в 2005–2009 гг. в утренние часы (между 6–10 часами). Опыт эксплуатации ЛЭП показывает, что в весенние и осенние месяцы года на загрязненных поверхностях линейных изоляторов при тумане, морозящем или мелком дожде увеличивается утечка тока с их поверхности. А при высокой загрязненности поверхности изоляторов в некоторых случаях (10–30 %) это приводит к перекрытию дугой поверхности изоляторов. В результате линия автоматически отключается, и напряжение восстанавливается устройством автоматического повторного включения. Причины таких отключений часто остаются не выясненными. Подобные отключения отмечены на большинстве анализируемых ВЛ независимо от класса напряжения (110–330 кВ) и высоты местности расположения трассы линий. Удельное число отключений, зарегистрированных в утренние часы, в процентном отношении к общему числу отключений составляло по линиям 110 кВ от 7,5 до 52,6 % (среднее значение – 27,5 %), а по линиям 220 и 330 кВ их среднее значение – соответственно 24,8 и 21,9 %. Здесь можно отметить, что анализ отключений, приведенных в [17] по 26 ВЛ 110 кВ ОАО «Азербэргэжи», показал, что среднее значение удельного числа грозových отключений, по 10-летним данным, составляло 11,5 %, а из-за увлажнения поверхности изоляторов – 25,0 %.

Проведенные исследования показывают, что для разработки рекомендаций относительно точного проведения анализа отключений, связанных как с разрядом молнии, так и с общими отключениями, и для сведения подобных отключений к минимуму необходимо получение полных метеоданных по всей трассе ВЛ, а также подробных данных о трассах и изоляции линий, о сопротивлении заземления, наличии грозозащитного троса и т. д.

## ВЫВОДЫ

1. Составлена карта интенсивности грозовой деятельности по удельному числу грозových разрядов в землю на квадратный километр, т. е. удельной плотности разрядов молнии в землю для территории Азербайджанской

Республики с использованием результатов многолетних натурных исследований молнии. Согласно составленной карте, в направлении Кура-Араксинской низменности удельная плотность разряда молнии уменьшается, а в предгорных и горных направлениях – повышается.

2. Результаты проведенных исследований показывают, что для разработки рекомендаций относительно детального анализа отключений ВЛ 110–500 кВ, связанных как с разрядом молнии, так и с общими отключениями, и для сведения подобных отключений к минимуму необходимо иметь полные сведения о метеоданных по всей трассе ВЛ, а также подробные данные о трассах и изоляции линий, о сопротивлении заземления, наличии грозозащитного троса и т. д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А л и з а д е, А. А. Исследование молнии в горных районах Азербайджана: дис. ... д-ра техн. наук / А. А. Ализаде. – Баку, 1948. – 316 с.
2. А т л а с Азербайджанской ССР. – Баку; Москва: Глав. управ. геодезии и картографии Госуд. геолог. комитета СССР, 1963 г. – 213 с.
3. Б а г и р о в, М. А. О грозовой деятельности в Азербайджане / М. А. Багиров // Изв. АН Азербайджанской ССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. – 1959. – № 3. – С. 89–95.
4. G a s h i m o v, A. M. Strength of the Lightning Activity in the Territory of Azerbaijan Republic / A. M. Gashimov, F. L. Khidirov, A. R Babayeva // Modern Electric Power Systems (MEPS), 2010 Proceedings of the International Symposium. Wroclaw, Poland, September 20–22, 2010. – Wroclaw, 2010. – P. 1–4.
5. И н т е н с и в н о с т и грозовой деятельности на территории Азербайджанской Республики / М. А. Гашимов [и др.] // Проблемы энергетики. – 2010. – № 1. – С. 28–34.
6. Р у к о в о д с т в о по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозовых и коммутационных перенапряжений: РД 153-34.3-35.129–99. – СПб.: Изд-во ПЭИПК, 1999.
7. Г о р б а т е н к о, В. П. О зависимости плотности разрядов молнии в землю от интенсивности грозовой деятельности / В. П. Горбатенко // Электричество. – 2001. – № 7. – С. 26–30.
8. П а н ю к о в, А. В. Системы пассивного мониторинга грозовой деятельности / А. В. Панюков, Д. В. Будуев, Д. Н. Малов // Вестник ЮУрГУ. Сер. Математика, физика, химия. – 2003. – № 8, вып. 4. – С. 11–20.
9. К о л о к о л о в, В. П. Соотношение между некоторыми грозовыми параметрами / В. П. Колоколов, Г. П. Павлов // Труды ГГО. – 1972. – Вып. 277. – С. 38–41.
10. Т е х н и к а высоких напряжений / под общ. ред. Д. В. Разевига. – М.: Энергия, 1976. – 388 с.
11. Х ы д ы р о в, Ф. Л. Характеристики молнии для грозозащиты электроэнергетических объектов, расположенных до 1500 м над уровнем моря, на основе комплексных натуральных измерений: дис. ... канд. техн. наук / Ф. Л. Хыдыров. – М., 1986. – 210 с.
12. А л и з а д е, А. А. Поражение молнией высоких объектов / А. А. Ализаде, Р. К. Мусаев // Электричество. – 1981. – № 4. – С. 50–51.
13. А л и з а д е, А. А. Частота разрядов молнии – основной показатель для оценки грозопоражаемости / А. А. Ализаде, Г. А. Гаджиев // За технический прогресс. – 1976. – № 7. – С. 26–30.
14. Б а з е л ь я н, Э. М. Физические и инженерные основы молниезащиты / Э. М. Базельян, Б. Н. Горин, В. И. Левитов. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 223 с.
15. Р а к о в, В. А. К оценке радиуса стягивания разряда молнии к объекту / В. А. Раков, А. О. Луц // Электричество. – 1988. – № 9. – С. 64–67.
16. Ч а л м е р с, Дж. А. Атмосферное электричество / Дж. А. Чалмерс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
17. А л и з а д е, А. А. Об отключениях воздушных линий электропередачи при увлажнении поверхности изоляторов / А. А. Ализаде, М. М. Джафарова // Электрические станции. – 1982. – № 10. – С. 67–69.

## REFERENCES

1. A l i z a d e, A. A. (1948) *Issledovanie Molnii v Gornyykh Raionakh Azerbaidzhana. Diss. Dokt. Tekhn. Nauk* [Investigation of Lightning in Mountainous Region of Azerbaijan. Dissertation of Doctor of Technical Sciences]. Baku. 316 p. (in Russian).
2. *A t l a s of Azerbaijan SSR*. Baku–Moscow, Publishing house. The Main Office of Geodesy and Cartography of the State Geological Survey of USSR, 1963. 213 p.
3. B a g i r o v, M. A. (1959) About Lightning Activity in Azerbaijan. *Izvestiia Akademii Nauk Azerbaidzhanskoi SSR. Seriya Fiziko-Matematicheskikh i Tekhnicheskikh Nauk* [Proceedings of Academy of Science of Azerbaijan SSR. Edition of Physical – Mathematical & Technical Sciences], 3, 89–95 (in Russian).
4. G a s h i m o v, A. M., Khidirov, F. L., & Babayeva, A. R. (2010) Strength of the Lightning Activity in the Territory of Azerbaijan Republic. *Modern Electric Power Systems (MEPS), 2010 Proceedings of the International Symposium*. Wroclaw, Poland, 1–4.
5. G a s h i m o v, A. M. [and others]. (2010) Strength of the Lightning Activity in the Territory of Azerbaijan Republic. *Izvestiia Vuzov. Problemy Energetiki* [Proceedings of Higher Education. Problems of Power Engineering], 1, 28–34 (in Russian).
6. R D 153-34.3-35.129–99. *Rukovodstvo po Zashchite Elektricheskikh Setei 6–1150 kV ot Grozovykh i Kommutatsionnykh Perenapriazhenii* [GD 153-34.3-35.129–99. Guidance on Electric Power Networks Protection 6–1150 kV from Thunderstorm and Switching Overvoltages]. Saint Petersburg, Publishing. House of PPIAT, 1999. (in Russian).
7. G o r b a t e n k o, V. P. (2001) About Dependence of Lightning Discharge Density from the Strength of Thunderstorm Activity. *Elektrichestvo* [Electricity], 7, 26–30 (in Russian).
8. P a n y u k o v, A. V., Buduev, D. V., & Malov, D. N. (2003) System of Passive Monitoring of Lightning Activity. *Vestnik Iuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya "Matematika, Fizika, Khimiia"* [Bulletin of the South Ural State University. Edition "Mathematics, Physics, Chemistry"], 8 (4), 11–20 (in Russian).
9. K o l o k o l o v, V. P., & Pavlov, G. P. (1972) Relations Between Lightning Parameters. *Trudy Glavnoi Geofizicheskoi Observatorii im. A. I. Voeikova* [Proceedings of the Main Geophysical Observatory A. I. Voeikova], 277, 38–41 (in Russian).
10. R a z e v i g, D. V., Dmokhovskaia, L. F., & Larionov, V. P. (1976) *Equipment and Devices of High Voltages*. Moscow, Energia. 388 p. (in Russian).
11. K h i d i r o v, F. L. (1986) *Kharakteristiki Molnii dlia Grozozashchity Elektroenergeticheskikh Ob'ektov Raspolozhennykh do 1500 m nad Urovnem Moria, na Osnove Kompleksnykh Naturnykh Izmerenii. Dis. Kand. Tekhn. Nauk* [Characteristics of Lightning for Lightning Protection of Electric Power Objects Located up to 1500 m Above Sea Level, on the Base of Complex Nature Measurements. Dissertation of the Candidate of Technical Sciences]. Moscow. 210 p. (in Russian).
12. A l i z a d e, A. A., & Musaev, R. K. (1981) Lightning Stroke of High Objects. *Elektrichestvo* [Electricity], 4, 50–51 (in Russian).
13. A l i z a d e, A. A., & Gadjiev, G. A. (1976) Frequency of Lightning Discharges – the Main Indicators for Lightning Damages Estimation. *Za Tekhnicheskii Progress* [For Technical Progress], 7, 26–30 (in Russian).
14. B a z e l y a n, E. M., Gorin, B. N., & Levitov, V. I. (1978) *Physical and Engineering Bases of Lightning Protection*. Leningrad, Gidrometeoizdat. 223 p. (in Russian).
15. R a k o v, V. A., & Luts, A. O. (1988) To Radius Estimation of Pinch-in Effect of Lightning Discharge to the Object. *Elektrichestvo* [Electricity], 9, 64–67 (in Russian).
16. C h a l m e r s, J. A. (1974) *Atmospheric Electricity*. Leningrad, Gidrometeoizdat. 419 p. (in Russian).
17. A l i z a d e, A. A., & Jafarova, M. M. (1982) About Cutout of Overhead Power Transmission Lines under Conditions of Damping Insulators Surfaces. *Elektricheskii Stantsii* [Power Stations], 10, 67–69 (in Russian).

Поступила 14.04.2014