

На данный момент в эксплуатацию были введены двухцепные самокомпенсирующие линии с номинальными напряжениями, находящимися в диапазоне 10–110 кВ. Был проведен технический анализ опорных конструкций с двумя стойками для УСВЛ с номинальным напряжением 110 кВ, также было проведено проектирование и проверка механических параметров сближенных фаз управляемых линий с номинальными напряжениями 110 и 220 кВ соответственно; проведены технико-экономические обоснования для использования УСВЛ между следующими пунктами: Курейской гидроэлектростанцией – и станциями города Норильска длиной 380 километров; Богучанская гидроэлектростанция – город Канск протяженностью 450 км. Номинальные напряжения вышеприведенных линий равняются 220 и 500 кВ соответственно. Выполнен вступительный концепт двухцепной управляемой линии 1150 кВ между Туруханской гидроэлектростанцией – и Центром, имеющей протяженность свыше 3675 км. На базе технических испытаний, проведенных в Институте Энергетики Молдавской Академии Наук, был построен опытный образец самокомпенсирующих линий напряжением 500 кВ с двумя расщепленными фазами с проводами типа 5хАС-300/39 и проведены эксперименты по определению электрических параметров воздушных зазоров и изоляции между фазными проводниками. В данных проектированиях и технических анализах участвовали многие ведущие энергетические компании и факультеты престижных университетов. На основе УСВЛ с номинальными напряжениями 330–1150 кВ разработаны варианты магистральных сетей, входящих в состав ЕЭС для стран, являющихся партнерами России в области энергетики. Однако, исследования в области управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий еще не окончены и нуждаются в дальнейшем развитии. Рентабельность продолжения работ в данной сфере доказана на основании выполненных научно-исследовательских опытов. На основе полученных знаний и данных, в Молдавии были сооружены образцы ФРТ – 35 кВ, которые использовались для экспериментального испытания. Запорожский трансформаторный завод также произвел несколько образцов ФРТ с номинальным напряжением 110 кВ [3].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Проблемы передачи электроэнергии на дальние расстояния // Боровское исследовательское учреждение – Технологии XXI века. – Режим доступа: http://bourabai.ru/toe/dist_problems.htm (дата обращения 10.11.2022).
2. Агапов В.А., Копылов Д.А. Способы повышения пропускной способности линий электропередач // НАУКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. – Кишинев: Оренбургский государственный университет, 2015. – С. 61–65.
3. Постолатий В.М., Быкова Е.В. Повышение пропускной способности и управляемости электропередач переменного тока // Институт энергетики АНМ, г. Кишинев. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-propusknoy-sposobnosti-i-upravlyaemosti-elektroperedach-peremennogo-toka/viewer> (дата обращения 25.11.2022).

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА ГЭС

Л.А. Полуносик

Томский политехнический университет

ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А91

В наше время активно изучаются и применяются различные возобновляемые источники энергии, на момент 2021 года доля возобновляемых источников энергии в мире составляла 28,1 % [1]. И с каждым годом эта доля увеличивается, к примеру, в 2010 году эта доля составляла 16,7 %. И одну из значимых частей этой энергетики занимает гидроэнергетика, на момент 2021 года она составляла 56,9 % от возобновляемых источников энергии, или же 16 % от всей мировой энергетики.

Плюсы гидроэнергетики неоспоримы: бесплатный и практически безграничный энергоноситель, минимальные выбросы вредных веществ в окружающую среду. Но в то же время эта отрасль энергетики может повлечь за собой катастрофические последствия при авариях. В основном гидроэлектростанции (ГЭС) имеют большую установленную мощность, нежели другие электростанции, и в случае их отключения, могут произойти сильные сбои в энергосистеме. Так же и сама конструкция ГЭС представляет потенциальную опасность, в случае разрушения дамбы будет высвобождено огромное количество воды, что приведёт к затоплению близлежащих районов, что может навредить не только населению, но и экологии. В этом докладе были рассмотрены аварии на ГЭС по всему миру.

17 августа 2009 года на Саяно-Шушенской ГЭС произошла промышленная техногенная катастрофа. Причиной аварии по версии из документа «Итоговый доклад парламентской комиссии по расследованию обстоятельств, связанных с возникновением чрезвычайной ситуации техногенного характера на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года» такова:

«Авария на СШГЭС с многочисленными человеческими жертвами стала следствием целого ряда причин технического, организационного и нормативного правового характера. Большинство этих причин носит системный многофакторный характер, включая недопустимо низкую ответственность эксплуатационного персонала, недопустимо низкую ответственность и профессионализм руководства станции, а также злоупотребление служебным положением руководством станции.

Не был должным образом организован постоянный контроль технического состояния оборудования оперативно-ремонтным персоналом (что должно предусматриваться инструкцией по эксплуатации гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС, утверждённой главным инженером СШГЭС от 18.05.2009 г.).

Основной причиной аварии стало непринятие мер к оперативной остановке второго гидроагрегата и выяснения причин вибрации» [2].

На рисунке 1 приведены изменения показания датчика радиальных вибраций подшипника турбины гидроагрегата №2.

В результате этой аварии погибло 75 человек и был разрушен машинный зал, 45 м³ масла было выброшено в реку Енисей, из-за чего погибло около 400 тонн промышленной форели в близлежащих к СШГЭС рыбоводческих хозяйствах. Также из-за загрязнения воды нефтепродуктами вышли из строя фильтры отчистки воды, что привело к остановке водозабора из Енисея. В следствии этого было нарушено централизованное водоснабжение посёлка Майна. Затраты на восстановление СШГЭС в 2009-2010 годах составили 21,6 миллиарда рублей.

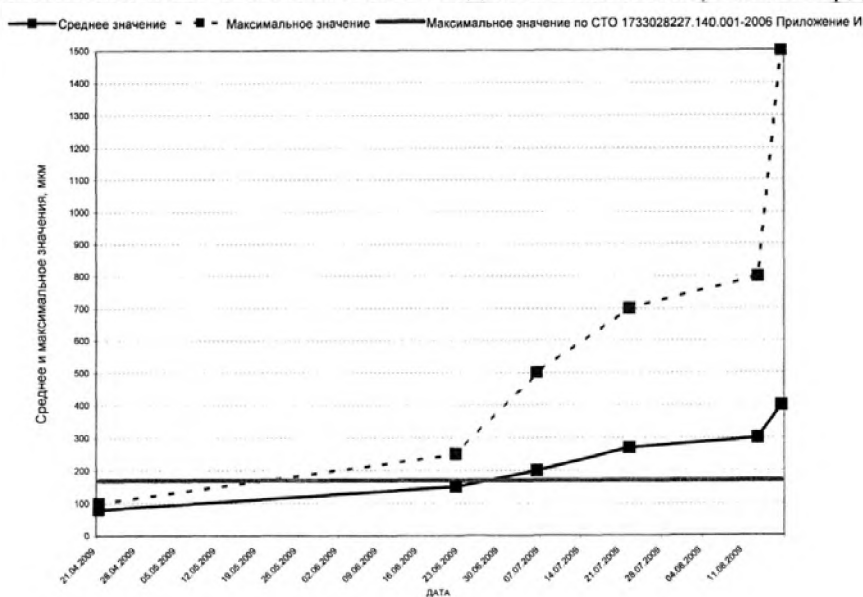


Рис. 1. Изменения показания датчика радиальных вибраций подшипника турбины гидроагрегата № 2

7 февраля 2017 года произошла авария на Оровиллской плотине в штате Калифорния, США. Причиной аварии стало наводнение, вызванное самой влажной зимой за последние сто лет. Началом аварии послужило частично разрушение бетонного жёлоба основного водосброса и размывания осадочных пород вокруг него. Остановили пропуск воды через повреждённый водосброс для его осмотра, в ходе которого были выявлены разрушения в месте, где ранее наблюдались трещины. Сброс воды возобновился для испытания дальнейшего использования повреждённого жёлоба. Но после возникла вероятность введения в действие аварийного водосброса, что и случилось утром 11 февраля. Вода, проходящая через гребень аварийного водосброса, создала крупные промоины, которые приближались к основанию переливной стены. Это создавало опасность разрушения этой стены, что привело бы к огромному сливу резервуара водохранилища. В это же время был риск и разрушения и основного водосброса, что привело бы к таким же катастрофическим последствиям. Исходя из всего этого 12 февраля было принято решение об эвакуации населения, которая затронула около 200 тысяч человек.

Выброс воды через повреждённый водосброс продолжался, но распространение его повреждений вверх не произошло. 14 февраля ситуация стабилизировалась и, эвакуация населения отменилась, но предупреждение о готовности к эвакуации оставалось в силе. 17 февраля уровень воды в водохранилище снизился, что позволило прекратить спуск воды через аварийный основной водосброс. После испытаний по эксплуатации аварийного водосброса 22 февраля была отменена готовность эвакуации [3].

Ремонтные работы последствий этой аварии обошлись в 1,1 миллиарда долларов, эти работы закончились только 19 января 2019 года. Из-за этой аварии пришлось остановить работу станции на небольшой срок. Так же в следствии остановки сброса воды из аварийного водосброса уровень реки Фетер сильно упал, из-за чего образовалось огромное количество оползней. Из-за этих оползней образовались изолированные водоёмы, из которых пришлось спасать редкие виды рыб.

10 ноября 2009 года в Бразилии и Прагвае произошло отключение электроэнергии из-за аварии на ГЭС Итайпу. Из-за этого отключения произошло и отключение плотины Ясирета. Произошло это из-за сильных дождей и ветра, которые вызвали короткое замыкание трёх трансформаторов на ключевой высоковольтной линии электропередачи.

В результате этого инцидента были отключены 18 из 26 штатов Бразилии и всю территорию Парагвая. Без электроэнергии осталось 87 миллионов жителей на 10 дней, что привело к массовым беспорядкам в таких городах как Сан-Паулу, Рио-де-Жанейро, Витория и других [4, 5]. Была полностью парализована инфраструктура движения. Без электричества остались светофоры, что привело к дорожному коллапсу в этих городах. Так же без электричества остался метрополитен, где людям пришлось самостоятельно эвакуироваться из метро по железнодорожным путям. Парагвай был полностью обесточен в следствии веерного отключения плотины Ясирета, после чего в стране также начались массовые беспорядки.

23 июля 2018 года произошла катастрофа на ГЭС Saddle Dam D в Лаосе. Из-за высокого уровня воды вспомогательная плотина ГЭС не выдержала и обрушилась, высвободив около 5 миллиардов м³ воды [6]. В следствии этого были затоплены 6 близлежащих деревень, по данным на 23 сентября 2018 года было подтверждено, что 40 человек погибли и 98 пропали без вести, 6600 человек были эвакуированы.

На ликвидацию последствий этой аварии страны со всего мира пожертвовали на гуманитарную помощь около 11 миллионов долларов и предоставили спасательную технику с квалифицированным персоналом. А именно: международный комитет красного креста организовал пункты очистки воды в разрушенных зонах и предоставила комплекты медпомощи, Южная Корея так же отправила группу помощи и более 10 миллионов долларов США, Сингапур направил офицеров сил гражданской обороны и гуманитарную помощь в размере 150000 долларов США, Китай направил медицинский контингент из Народно-освободительной армии Китая, Вьетнам предоставил медиков из вьетнамской народной армии и спасательные машины, для оказания помощи, также огромное количество частных компаний, связанные со

строительством и эксплуатацией дамбы предоставили финансовую и гуманитарную помощь, так же активно участвовали в ремонте повреждённой дымбы [7, 8].

Как видно из вышеперечисленных примеров, аварии на ГЭС могут привести к катастрофическим последствиям, на решение которых потребуются года и существенные капитальные вложения. Причинами таких крупных аварий могут послужить не только аномальные наводнения, но и плохая погода. Также необходим должный контроль и выполнение всех норм эксплуатации, чтобы избежать случаев как на Саяно-Шушенской ГЭС и Оровиллской плотине.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Renewables 2021 Global Status Report/ Murdock, Hannah E.; Gibb, Duncan; Andre, Thomas; Sawin, Janet L.; Brown, Adam; Ranalder, Lea; Andre, Thomas; Brown, Adam; Collier, Ute and others// REN21. – 2021. – P. 371.
2. Итоговый доклад парламентской комиссии по расследованию обстоятельств, связанных с возникновением чрезвычайной ситуации техногенного характера на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года.
3. Слива И. В., Лапин Г. Г. Авария на водосбросных сооружениях гидроузла Оровилл // Гидротехническое строительство: журнал. – 2017. – № 11. – С. 44-51.
4. ANALYSIS-Brazil blackout a glitch, but shows investment need// Reuters. URL: <https://www.reuters.com/article/latestCrisis/idUSN11339425> (дата обращения 12.11.2009)
5. Power restored in Brazil after blackouts// CNN. URL: <http://edition.cnn.com/2009/WORLD/americas/11/11/brazil.blackout/index.html> (дата обращения 11.11.2009)
6. Precursory motion and deformation mechanism of the 2018 Xe Pian-Xe Namnoy dam Collapse, Laos: Insights from satellite radar interferometry// International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2022. – V. 109.
7. Several dead, hundreds missing after Lao dam collapses: report// Kyodo News. – 24.07.2018
8. After Laos Dam's Failure, Rescuers Scramble to Save the Stranded// The New York Times – 25.07.2018.

Научный руководитель: к.т.н. Р.А. Уфа, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК РАЗНОГО ТИПА

А.А. Змиевский

Томский политехнический университет

ИШЭ, ОЭЭ, группа 5А13

Ветроэнергетическая установка (ВЭУ) – это устройство для преобразования движущей энергии ветра в механическую энергию вращения ротора с последующим ее преобразованием в электроэнергию.

Ветроэнергетические установки представляют собой целую совокупность оборудования, предназначенного для выработки, подготовки и снабжения потребителей электрическим током. Поскольку ветер является бесплатным источником энергии, все затраты на выработку тока сводятся к начальным вложениям на покупку (или создание) ветрогенератора и прилежащего оборудования, а также последующее обслуживание.

В настоящий момент существует четыре основных типа ветроэнергетических установок, которые широко используются или использовались в электроэнергетических системах.