

Дваторский

ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВО ЗА РУБЕЖОМ

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

3

Г С С Э Н Е Р Г О И З Д А Т

1958

СОДЕРЖАНИЕ

Обзор энергетики Китая	1
Проект атомной электростанции мощностью 500 <i>Mвт</i> в Англии	11
Некоторые данные о прямоточных котлах сверхвысоких параметров на электростанциях ФРГ	13
Питательные и циркуляционные насосы паровых котлов для высоких давлений и температур (ФРГ)	19
Топки с горизонтальными циклонами	21
Прокладка теплофикационной магистрали в Нью-Йорке	26
Компоновки закрытых распределительных устройств 110—220 <i>кв</i>	28
Обзор систем автоматического управления батареями шунтовых конденсаторов в США	34
<u>Лаборатория больших мощностей фирмы АЕГ</u>	36
Сниженные уровни изоляции в электрических системах высокого напряжения (США)	40
Гидроэлектростанция Кариба на р. Замбези	44
Прокладка токопроводов в разборных металлических кожухах	44
Применение телевидения в энергетике	45
Трансформаторы с азотной защитой масла	47
Хроника	48

Таблица 4

Максимальные ступени увеличения напряжения при включении батарей шунтовых конденсаторов, допускаемые различными компаниями

Процент от номинального напряжения	Процент от общего числа компаний		
	Индивидуальные батареи конденсаторов на отходящих фидерах распределительных сетей (всего 40 компаний)	Батарей конденсаторов на распределительных подстанциях (всего 38 компаний)	Батарей конденсаторов напряжением выше 15 кВ (всего 19 компаний)
1	2,5	2,6	10,5
1,5	2,5	—	5,25
2	5	5,3	10,5
2,5	5	2,6	—
3	25	37,1	21
3,3—3,5	5	2,6	—
4	12,5	21	16
5	37,5	23,6	21
6	2,5	2,6	5,25
7	—	—	5,25
10	2,5	2,6	5,25

ров в результате отсутствия учета реальных условий их работы в системе и отмечается необходимость координации этих систем с автоматическими регуляторами напряжения.

61% компаний обслуживают аппаратуру систем автоматического управления периодически, 28% — после повреждений, остальные — комбинированно.

Максимальные ступени увеличения напряжения, допускаемые при включении батарей шунтовых конденсаторов, приведены в табл. 4.

Ниже приводятся данные по системам автоматического управления батареями шунтовых конденсаторов, которые предполагается применять на вновь проектируемых установках. При этом учтено, что ряд компаний рассчитывает применять несколько систем.

Автоматическое регулирование:

по времени суток	45,8
по напряжению	39,6
по напряжению с коррекцией по току нагрузки	22,9
по току нагрузки	14,6
по напряжению с коррекцией по времени суток	10,4
по времени суток с коррекцией по напряжению	8,3
по реактивной мощности	4,2
по температуре	4,2

Прочие системы 6,3

Анализ опыта эксплуатации систем автоматического управления батареями шунтовых конденсаторов показывает, что за последние 7 лет возник ряд новых проблем, решение которых возможно только в результате совместной работы электроснабжающих компаний и поставщиков электрооборудования.

Power Apparatus and Systems, 1957, II, стр. 1388—1393.

Инж. Ю. А. ЯКУБ

Лаборатория больших мощностей фирмы АЕГ

В 1953 г. в г. Касселе (ФРГ) была введена в эксплуатацию лаборатория больших мощностей, являющаяся частью нового института высоких напряжений фирмы АЕГ (рис. 1). Лаборатория предназначена для испытания выключателей на отключающую и включающую способность и проведения исследовательских работ в области электроаппаратостроения.

Лаборатория имеет ударный генератор мощностью короткого замыкания через 3,5 периода — 2000 Мва, три ударных повысительных трансформатора с наибольшим напряжением 60 кВ и колебательный контур.

На рис. 2 показана принципиальная схема лаборатории. Ударный генератор — синхронный двухполюсный трехфазный турбогенератор номинальной мощностью 50 Мва на 3000 об/мин. Он имеет две параллельные об-

мотки с самостоятельными выводами. Номинальное напряжение генератора 4 кВ. В момент короткого замыкания благодаря ударному возбуждению его напряжение повышается до 6,9—7,4 кВ.

Генератор обладает малым реактансом, что обеспечивает получение ударного тока 156 кА и симметричной трехфазной мощности ~2000 Мва через 3,5 периода после начала короткого замыкания. Увеличение мощности короткого замыкания генератора достигнуто применением ударного возбуждения, позволившего повысить магнитный поток на 160% по сравнению с нормальным, и рядом конструктивных особенностей, обусловивших снижение переходного и сверхпереходного реактансов машины. Так, уменьшение на 50% лобового рассеяния статорной обмотки при мгновенном коротком замыкании достигнуто креплением



Рис. 1. План первого этажа Института высоких напряжений фирмы АЕГ.

1 — ударный генератор 2 000 Мва; 2 — распределительное устройство; 3 — однофазные ударные трансформаторы; 4 — вспомогательный машинный зал; 5 — помещения выпрямителей; 6 — открытый polygon и закрытые испытательные камеры; 7 — помещение управления, наблюдения и измерения; 8 — экспериментальная мастерская; 9 — камера для испытания аппаратов на динамическую и термическую устойчивость; 10 — зал высоких напряжений; 11 — помещение для испытания аппаратов высоким напряжением; 12 — помещение измерительной аппаратуры; 13 — мастерская; 14 — служебные помещения; 15 — подготовительное и складское помещение.

лобовых частей статора тремя короткозамкнутыми кольцами.

Повышение постоянной времени затухания, обусловленной сверхпереходным реактансом, достигнуто усилением успокоительной обмотки ротора примерно в 8 раз по сравнению с обычными конструкциями. При этом успокоительная обмотка заняла ~40% объема паза ротора, а обмотка возбуждения лишь 60% против нормальных 95%. Такое исполнение возможно благодаря кратковременному режиму работы обмотки возбуждения.

В результате затухание ударного тока короткого замыкания через пять периодов составляет лишь 10% от первоначального значения, а восстанавливающееся напряжение промышленной частоты достигает 90%, что повысило мощность генератора при опытах отключения короткого замыкания примерно на 25%.

Вместе с тем, учитывая кратковременный режим работы машины, были упразднены вентиляционные каналы в активной стали, что заметно сказалось на увеличении магнитного потока и, следовательно, ударного тока короткого замыкания и восстанавливающегося напряжения.

Генератор приводится двигателем постоянного тока 1 Мвт, 660 в, 1 000 об/мин через

шестеренчатый редуктор с передаточным числом 1:3. Сцепление генератора с двигателем осуществляется при помощи электромагнитной муфты, которая расцепляет их перед моментом создания короткого замыкания. Муфта имеет воздушный зазор, благодаря которому редуктор и приводной двигатель ограждены от механических толчков, возникающих при опытах короткого замыкания. Двигатель питается от двух выпрямителей по 750 а каждый, при напряжении 660 в, а его обмотка возбуждения — от небольшого преобразователя.

Применение двигателя постоянного тока вместо обычно применяемых асинхронных двигателей вызвано желанием уменьшить воздействие пуска двигателя на маломощную питающую сеть и снизить стоимость установки за счет отказа от специального агрегата ударного возбуждения. При этом приводной двигатель и выпрямители, от которых он получает питание, при разгоне ударного генератора используются в качестве параллельно работающих источников ударного возбуждения, автоматически подключаемых к обмотке ротора генератора после приобретения последним заданного числа оборотов — 3 150 в минуту. Вслед за подключением двигателя и выпрямителей, т. е. после приложения ударного возбуждения и непосредственно перед созданием короткого замыкания в испытательной цепи,

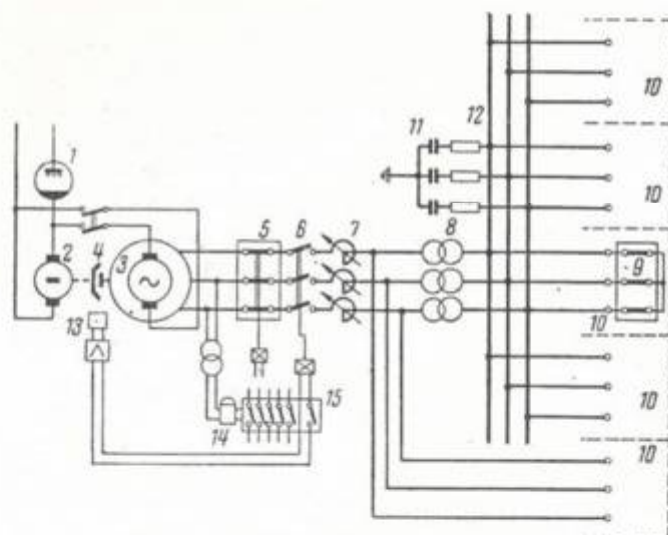


Рис. 2. Принципиальная схема лаборатории больших мощностей фирмы АЕГ.

1 — выпрямитель 750 а, 660 в (2 шт.); 2 — двигатель постоянного тока 1 Мвт, 660 в, 1 000 об/мин; 3 — ударный генератор 2 000 Мва, 3 000 об/мин; 4 — электромагнитная муфта сцепления; 5 — защитный выключатель (2 шт.); 6 — короткозамкатель; 7 — регулируемые токоограничивающие реакторы; 8 — группа однофазных повысительных ударных трансформаторов; 9 — испытуемый выключатель; 10 — испытательная камера; 11 — батарея конденсаторов для регулирования скорости восстановления напряжения; 12 — сопротивление; 13 — элемент фотозлектрического управления; 14 — реле; 15 — контроллер для автоматического управления опытом.

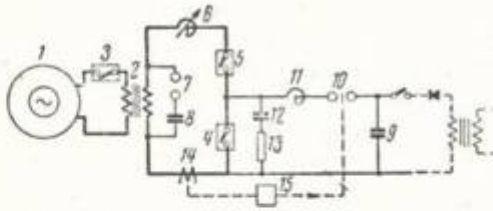


Рис. 3. Схема [синтетических испытаний высоковольтных выключателей.

1 — ударный генератор; 2 — повысительный ударный трансформатор; 3 — короткозамыкатель; 4 — испытуемый выключатель; 5 — вспомогательный выключатель; 6 — регулируемый реактор; 7 — искровой промежуток; 8 — защитный конденсатор; 9 — конденсаторная батарея — источник испытательного напряжения; 10 — искровой отпирающий промежуток; 11 — реактор; 12 — конденсаторная батарея; 13 — сопротивление; 14 — трансформатор тока; 15 — элемент управления.

происходит запираание выпрямителей, а также расцепление валов ударного генератора и двигателя.

С момента создания короткого замыкания полный ток ударного возбуждения в роторе ударного генератора поддерживается двигателем, который, вращаясь по инерции, работает как генератор постоянного тока. Двигатель имеет маховик с моментом 1 тм^2 , насаженный для уменьшения его веса на вал редуктора со стороны ударного генератора.

Двигатель постоянного тока позволяет регулировать число оборотов ударного генератора, обеспечивая тем самым возможность испытания аппаратов при частотах от 16,6 до 53 гц. Регулирование оборотов двигателя и ударного генератора осуществляется сетками питающих выпрямителей и при необходимости — воздействием на муфту сцепления. Агрегат снабжен быстродействующими регуляторами, подобными регуляторам турбин, которые обеспечивают отключение установки при достижении ротором генератора опасного числа оборотов — 3 250 в минуту.

Ударный генератор и его приводной двигатель установлены на общем массивном железобетонном фундаменте, который рассчитан на восприятие вращающего момента до 1 000 тм, возникающего при опытах короткого замыкания.

Ошиновка распределительного устройства генераторного напряжения выполнена в виде двух изолированных друг от друга трехфазных систем, каждая из которых присоединена к выводам одной из параллельных обмоток генератора и следует через защитные выключатели, короткозамыкатели и реакторы к ударным трансформаторам. Предусмотрено ответвление от этих шин для подачи испытательного тока генераторного напряжения в испытательную камеру.

Для уменьшения потерь мощности за счет индуктивного влияния ошиновка выполнена

изолированными шинами, смонтированными на небольшом расстоянии друг от друга. При этом механические усилия, возникающие при коротком замыкании, достигают 25 т/м, что потребовало особо прочного крепления шин.

В качестве защитных выключателей, служащих для защиты ударного генератора от длительных коротких замыканий, применены два трехполюсных воздушных выключателя, отключающих токи до 200 ка при 7,5 кв. Каждый из них включен в одну из трехфазных систем ошиновки.

Для включения ударного генератора на короткое замыкание применен специальный шестиполосный включающий аппарат — короткозамыкатель с ножевыми контактами и быстродействующим пневматическим приводом. Вентиль привода короткозамыкателя имеет фотоэлектрическое управление с подачей импульса от специального устройства на валу ударного генератора. Воздействуя на это устройство, можно осуществлять включение короткозамыкателя при положении вала генератора, соответствующем заданной точке волны напряжения. Этим обеспечивается необходимая степень несимметрии тока короткого замыкания, в том числе полное отсутствие несимметричной составляющей. Разброс собственного времени включения короткозамыкателя составляет ± 5 электрических градусов.

Для регулирования величины тока короткого замыкания в цепи генераторного напряжения предусмотрены реакторы с отпайками для переключений. Они выполнены на конструкции из репелита (бакелизированного картона) и снабжены вспомогательными контактами для сигнализации схемы их включения на пункт управления.

Для испытания выключателей при напряжениях выше генераторного имеются три однофазных ударных повысительных трансформатора, предназначенных для кратковременной работы в режиме короткого замыкания. Каждый из них имеет с низшей стороны две самостоятельные обмотки, которые питаются от отдельных генераторных обмоток и связаны между собою лишь магнитным потоком.

Обмотки высшего напряжения трансформаторов могут быть собраны в различные схемы, обеспечивая значения испытательных напряжений вплоть до 60 кв. Эти переключения производятся от руки при помощи шинных накладок, изменение положения которых автоматически отображается на мнемонической схеме на пульте управления.

Трансформаторы обладают малым реактансом, обеспечивающим трехфазную мощность

короткого замыкания 1500 *Mva* на стороне высшего напряжения трансформаторов через 3,5 полупериода после возникновения короткого замыкания. Каждый трансформатор установлен в изолированной камере, снабженной углекислотной противопожарной установкой и маслооткачками.

Испытание высоковольтных выключателей с мощностью, значительно превосходящей мощность короткого замыкания ударных трансформаторов, производится по синтетической схеме с использованием колебательного контура (рис. 3). Токовый контур схемы питается от ударного генератора через трансформатор при напряжении, несколько превышающем суммарное напряжение горения дуг испытуемого и вспомогательного выключателей. Подключение генератора осуществляется короткозамыкателем.

Регулируемый реактор в токовом контуре, предназначенный для ограничения испытательного тока, служит также для защиты ударного генератора от перенапряжений, возможность возникновения которых обусловлена связью с контуром высокого напряжения. Для защиты генератора предназначен также конденсатор, включенный последовательно искровому промежутку.

Контур напряжения непосредственно соединен с испытуемым выключателем и включает батарею конденсаторов (заряженную до номинального напряжения испытуемого выключателя), отпирающий промежуток и реактор. Отпирание искрового промежутка осуществляется элементом управления, приводимым в действие специальным пиковым трансформатором тока, включенным в токовую цепь схемы. Отпирающая искра между шарами вызывает главный разряд в искровом промежутке. Форма волны восстанавливающегося напряжения обуславливается параметрами конденсаторной батареи 12 и сопротивления 13. Эта схема успешно применяется при испытании выключателей напряжением до 220 *kв* и разрывной мощностью до 6 *Mva*.

Для разгрузки основной испытательной установки в лаборатории имеется второй небольшой ударный генератор мощностью

1,5 *Mva*, от которого могут отдельно питаться два специальных трансформатора. Один из них, обеспечивающий получение тока до 400 *ка* при напряжениях 1200—180 *v*, используется для динамических и термических испытаний аппаратов, исследования эффекта вытеснения тока и испытаний низковольтных выключателей на отключающую способность. Вторым трансформатором предназначен для испытания небольших высоковольтных выключателей при мощности короткого замыкания до 20 *Mva* и напряжении до 15 *kв*. Он используется также для испытания аппаратов при длительной нагрузке и для проведения исследовательских работ, связанных с разрывом дуги.

Лаборатория имеет открытую испытательную площадку, обнесенную прочной оградой, и пять испытательных камер с прочными бетонными стенами и перекрытием. В каждую из них может быть осуществлен ввод от шин, проложенных вдоль их задней стены и подключенных к обмоткам высшего напряжения ударных трансформаторов. Одна из камер имеет, кроме того, ввод генераторного напряжения.

Для динамических и термических испытаний аппаратов предусмотрено специальное закрытое помещение, которое используется также при испытаниях аппаратов на отключающую способность при мощности до 400 *Mva*.

Напротив испытательных камер, на расстоянии примерно 15 *m*, расположено помещение управления, в котором сосредоточены приборы управления опытом, измерительная аппаратура, осциллографы, сигнальные устройства и т. п. Из этого же помещения ведется наблюдение за испытуемым объектом через окно или узкую прорезь в стальном защитном щите.

ЛИТЕРАТУРА

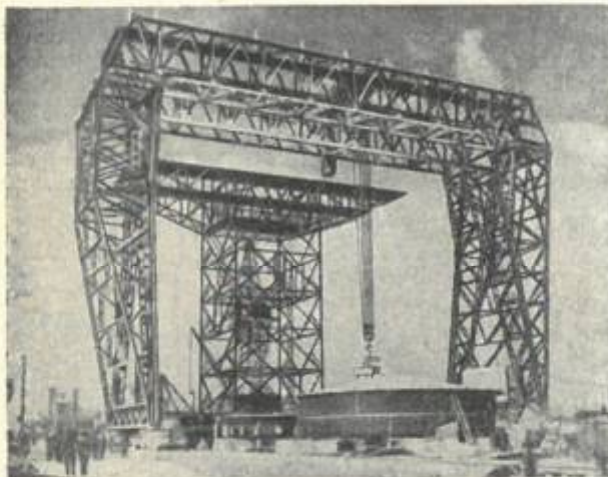
1. AEG Mitteilungen, 1953, IX—X, т. 43, № 9/10
2. Ф. Петермихль, ETZ—A, 1954, № 8.
3. Ф. Петермихль, Е. и. М., 1955, II, № 4, стр. 73—80.
4. И. Бирманс, ETZ—A, 1953, XI, т. 74, № 22, стр. 654—655.
5. CIGRE, 1954, доклад 102.
6. Г. Киндлер, AEG Mitteilungen, 1957, VII—VIII, № 7/8, стр. 233—246.

Канд. техн. наук П. А. ДОЛИН

ХРОНИКА

АНГЛИЯ

Для монтажа реакторов на строящейся атомной электростанции Бродуэлл, мощностью 300 Мвт, в Эссексе, сооружен специальный порталный кран грузоподъемностью 200 т (рисунок). Пролет крана 54 м (между



осями рельсов), высота подъема ~40 м, скорость движения с полным грузом 15 м/мин. Применение этого крана позволит сократить время строительства станции и монтажа оборудования на 3—6 мес. После окончания работ кран будет демонтирован и отправлен на строительство следующей атомной электростанции.

Electrical Review, Лондон 1958, 28/III.

АРГЕНТИНА

Национальное управление энергетики Аргентины подписало контракт с французской гидротехнической фирмой на проектирование электростанции, использующей энергию морских приливов. Строительство станции намечено на берегу Атлантического океана, на полуострове Вальд, примерно в 1000 км юго-восточнее Буэнос-Айреса.

Bulletin d'information économique et technique Москва, 1958, № 2.

В Буэнос-Айресе намечено построить тепловую электростанцию мощностью 600 Мвт на 5 агрегатов по 120 Мвт.

L'Economie Electrique, 4 trimestre, 1957, № 12.

МАРОККО

В центральной части Марокко на р. Эль-Абид, главном притоке крупнейшей реки Марокко Уэд-Умм-эр-Рабиа, создано водохранилище комплексного назначения полной емкостью 1,5 млрд. м³ и полезной емкостью 1,2 млрд. м³. Оно позволит оросить 150 тыс. га новых земель и улучшить ирригацию еще 30 тыс. га площади. Таким образом, этим водохранилищем орошается примерно 2/3 всех орошаемых в настоящее время земель Марокко.

Бетонная арочная плотина водохранилища высотой над основанием 130 м, шириной по основанию 28 м, по гребню — 5 м, длиной 255 м и объемом тела плотины 362 тыс. м³. Эта плотина — самая высокая в Африке. Паводковый водосброс с максимальной пропускной способностью 2510 м³/сек типа «лыжного трамплина». Плотина была сооружена менее чем в 2 года. У низовой подошвы ее расположено здание гидроэлектростанции, оборудованное тремя вертикальными гидроагрегатами по 40 Мвт, которые рассчитаны на напор 60—105 м.

Гидроэлектростанция будет работать по пиковому графику, ее годовая выработка составит 160 млн. кВт·ч.

Вода из водохранилища по подводному туннелю будет подводиться также к гидростанции Афуер с годовой выработкой 390 млн. кВт·ч. Кроме того, благодаря регулирующей способности водохранилища выработка других ГЭС, расположенных ниже по течению, повысится на 50 млн. кВт·ч.

The South African Engineer, 1957, X.

США

В конце 1957 г. на электростанции Уилл Каунтри в Чикагской энергосистеме пущен крупнейший турбоагрегат мощностью 275 Мвт. Параметры пара 140 ата, 565°С. При режиме работы с нагрузкой 277 Мвт удельный расход тепла составляет 1846 ккал/кВт·ч по машинному залу.

L'Economie Electrique, 4 trimestre, 1957, № 12.

ФИНЛЯНДИЯ

Западно-Германская фирма АЕГ получила заказ от финского правительства на изготовление турбоагрегата мощностью 125 Мвт, 190 ата, 535°С для тепловой электростанции Турку. Этот агрегат будет крупнейшим в Финляндии. Станция будет работать на мазуте.

VDI Nachrichten, Дюссельдорф, 1957, 21/XII.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н. М. Бондарев, П. Н. Владимиров, П. Г. Грудинский, К. Д. Лаврененко,
Б. П. Лебедев, С. И. Молоканов, С. Г. Мхитарян, А. М. Некрасов, Б. М. Соколов,
И. А. Сыромятников, И. И. Угорец.

Главный редактор А. М. Некрасов

Зам. главного редактора Б. П. Лебедев

Научно-техническая редакция: канд. техн. наук В. Б. Пакшвер и инж. Ю. А. Якуб

Сдано в набор 17/V 1958 г.

T-06172.

Бумага 84×108¹/₁₆.

Цена 4 руб.

Объем 4,92 п. л.

Уч.-изд. л. 6.

Подписано к печати 25/VI 1958 г.

Тираж 7 020 экз.

Заказ 1238.

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.