



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



1

• ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ • 1984

ОРГАН МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРGETИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА ЭНЕРGETИКИ
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Г.М. КРЖИЖАНОВСКОГО
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ОСНОВАН В 1930 ГОДУ

МОСКВА

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ

ЯНВАРЬ

1984

1

С Новым годом, дорогие товарищи!

СОДЕРЖАНИЕ

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- 2 Кириллов А. П., Лукин В. В., Пискарев В. В. — О необходимости проведения испытаний электротехнического оборудования на сейсмостойкость в условиях АЭС
- 4 Глузштейн Ю. О., Гуревич Г. И., Зарковский Ю. В., Михеев Ю. И., Уставич Г. А., Тыщук О. Л., Черепанов Д. А., Чешева И. Н. — Исследование деформации турбоагрегата К-500-65/3000 и его фундамента

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- 6 Мадоян А. А., Гречаний А. Н., Балтян В. Н., Чебатуров В. А. — Влияние фракционного состава пыли на экономичность котлов ТП-100, работающих в нестационарных режимах
- 9 Шницер И. Н. — Исследование процесса горения низкосортных газовых углей
- 13 Стрелкова К. С., Миронова Н. И. — О прочности коллекторной системы подогревателей высокого давления
- 17 Гинсбург Г. В., Кириш А. К., Нурик В. И., Сахаров А. М. — Экономичность современных паровых и газовых турбин
- 19 Берман Л. Д. — О распределении концентраций газов в конденсате, образующемся в конденсаторах паровых турбин
- 23 Пенинов Р. И., Юсуфова В. Д., Николаев В. А. — Коррозионная стойкость конструкционных материалов в паровой среде Мутновского геотермального месторождения
- 24 Носулько Д. Р., Перетяго Д. В. — Освоение и совершенствование системы регулирования, парораспределения и защиты энергоблоков 800 МВт Запорожской ГРЭС
- 27 Сиварт А. А., Данилов А. И., Смоков Т. И. — Наладка и исследование схемы утилизации тепла уходящих газов котла парогазовой установки
- 29 Азбукин Ю. И. — Допустимая величина балансировочных грузов на консольных роторных бандажах турбогенераторов

ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- 4 Геллер Р. Л., Кислицкий Б. В., Надточий В. М., Цветков В. А. — Оценка состояния стальных конструкций составного статора гидрогенератора
- 8 Берлин И. Б., Лукин Е. М., Макарицкий П. Н., Матвеев В. А., Семенов В. В., Степура Э. Ф., Черкашенина И. М. — Испытания системы группового управления агрегатами Братской ГЭС по активной мощности и частоте
- 2 Цхвирашвили Д. Г., Калабегашвили Н. Г., Жданов Ю. Н., Злобина Р. Д. — Очистка системы водяного охлаждения обмоток статоров гидрогенераторов

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ

- 1 Железко Ю. С. — Погрешности учета электроэнергии
- 3 Илизев С. Г., Христов Х. К. — Устойчивость параллельной работы на общие шины генераторов с сильным и пропорциональным регулированием возбуждения

ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

- 49 Вевевцев Ю. С., Гвоздев Б. И., Нестеренко В. Л., Яковлева Т. С. — Цифровая система автоматического регулирования частоты и активной мощности в энергообъединении Сибири

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

- 53 Базыкин Р. В., Долгин А. П. — Исследования стойкости изоляционных опор 3×ОНШ-35-2000
- 56 Конов Ю. С., Малышев А. В. — Повышение надежности работы электроустановок со сдвоенными токоограничивающими реакторами

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА, СВЯЗЬ

- 59 Соколова Г. В. — Защита от замыканий на землю типа ИЗС

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

- 62 Курносов А. И., Наконечный Я. А., Гальперин Б. М. — Железобетонные опоры ПБ 750-3 на ВЛ 750 кВ Чернобыльская АЭС — Винница
- 65 Киракосов В. Г., Марков В. А., Стрючков В. К. — Устройство контроля угла электропередачи
- 68 Артемьев А. С., Гутман И. Ю., Соломоник Е. А. — Оценка дугостойкости полимерных изоляторов для воздушных линий электропередачи

ОБМЕН ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОПЫТОМ

- 70 Феофилов Г. П., Козлов С. А., Данилов В. А. — Устройство обнаружения неисправностей электрооборудования стационарных плужковых сбрасывателей
- 72 Сураев А. П., Поваров П. А. — Повышение эффективности откачки жидких реагентов
- 73 Усманов Ф. Х., Байрамгулов Ю. Ж. — Обледенение проводов ВЛ 6—10 кВ сельскохозяйственного назначения

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- 75 Лордкипанидзе В. Д. — Об инструкции по проектированию городских и поселковых электрических сетей

ИЗ ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ ЭНЕРGETИКИ

- 76 Воробьев А. П. — Впервые в нашей стране

* * *

- 78 Петр Григорьевич Грудинский (к 90-летию со дня рождения)

* * *

- 79 Правила оформления рукописи статьи

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

УДК 621.316.37.015

ИССЛЕДОВАНИЯ СТОЙКОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ОПОР 3×ОНШ-35-2000

Базыкин Р. В., инж., Долин А. П., канд. техн. наук
НИЦ ВВА — МЭИ

В последние годы введены в действие и успешно эксплуатируются ОРУ напряжением 110 и 220 кВ с жесткой ошиновкой. Начато внедрение жестких шин на подстанциях более высоких напряжений. В качестве изоляционных опор для крепления шин жесткой ошиновки в ОРУ 110—220 кВ весьма широкое распространение получили шинные опоры, собранные из опорно-штыревых изоляторов ОНШ-35-2000.

Как показывают теоретические исследования, электродинамическая стойкость шинных конструкций существенно зависит от параметров изоляторов. Поэтому задача работы состояла в экспериментальном определении жесткости, разрушающих нагрузок, частот собственных колебаний опор 3×ОНШ-35-2000, теоретическом обосновании допустимых нагрузок на опоры, а также испытании шинной конструкции с этими изоляторами на электродинамическую стойкость, экспериментальном и теоретическом определении допустимых уровней токов КЗ для опытной линии ОРУ напряжением 110 кВ с жесткой ошиновкой. Работа проводилась совместно кафедрой электрических станций МЭИ и лабораторией больших токов Научно-исследовательского центра по испытанию высоковольтной аппаратуры.

В [1, 2] и других работах указывается, что электродинамическая стойкость шинных конструкций зависит от жесткости и частоты собственных колебаний изоляционных опор. Для определения жесткости а также для оценки разрушающих нагрузок на изгиб были проведены испытания составных изоляционных опор на статическую нагрузку. На рис. 1 представлена принципиальная схема экспериментальной установки. Испытуемая опора 2 устанавливалась на основание 1. Нагрузка создавалась ручным приводом 5; прогибы изоляторов под действием приложенной нагрузки измерялись прогибомерами 3 типа ЛИСИ модели ПАО-6, а статическая нагрузка динамометром 4 системы Токаря. Для учета погрешности, связанной с деформациями основания 1,

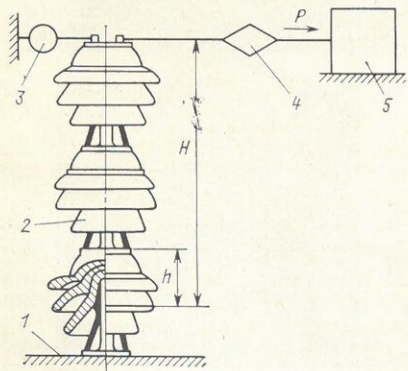


Рис. 1. Схема испытания изоляторов на статическую нагрузку

вблизи места крепления изоляционных опор индикаторами часового типа измерялись прогибы самого основания. На экспериментальной установке снимались упругие характеристики опор, т. е. зависимости статической силы p , приложенной к вершине опоры, от перемещения (прогиба) y головки верхнего изолятора.

Испытания проводились на десяти опорах 3×ОНШ-35-2000 из одной партии изоляторов при значениях затягивающих моментов μ крепежных болтов нижних изоляторов к основанию 150, 100 и 75 Н·м. Затягивающий момент болтов устанавливался динамометрическим ключом; болты двух верхних изоляторов в опытах не ослаблялись и их затяжка соответствовала максимально возможной. При каждом нагружении от 0 до максимальной нагрузки $p_{\text{макс}}$ показания прогибомеров и динамометра снимались в 5—7 точках. На каждой опоре при одном значении затягивающего момента μ проводилось три-четыре нагружения. Данные испытания еще раз подтвердили, что упругие характеристики нелинейны, однако кривизна функций $p=p(y)$ невелика. Поэтому вполне оправдано для оценки жесткости изоляторов, т. е. коэффициента пропорциональности между статической нагрузкой p и прогибом y , проводить линеаризацию упругих характеристик. При этом коэффициент жесткости $C_{\text{оп}}$, отвечающий среднеквадратичному отклонению экспериментальных точек от графика линеаризованной функции $p=p(y)$, определяется по формуле [3]

$$C_{\text{оп}} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i y_i}{\sum_{i=1}^m y_i^2}, \quad (1)$$

где p_i ; y_i — экспериментально полученные значения силы и прогиба при i -м измерении; m — общее число измерений на опоре (или нескольких опорах) при фиксированном значении затягивающего момента.

Обработка результатов испытаний проводилась на ЭВМ. На рис. 2 представлены зависимости жесткости изоляционных опор 3×ОНШ-35-2000 от затягивающего момента крепежных болтов нижних изоляторов. Сплошная кривая построена в результате обработки данных испытаний всех десяти опор. Пунктирные кривые получены для изоляторов с наибольшим и наименьшим отклонением жесткости от среднего значения.

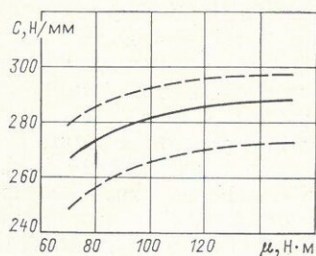


Рис. 2. График зависимости жесткости опоры 3×ОНШ-35-2000 от момента затяжки болтов в основании нижнего изолятора

Анализ полученных результатов показал, что среднее значение жесткости опор $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$ при высокой степени затяжки крепежных болтов составляет около 290 кН/м. При ослаблении болтов до 75 Н·м жесткость снижается на 7—12%. Разброс жесткости опор из одной партии изоляторов ОНШ-35-2000 незначителен и составляет не более 6%.

На установке (рис. 1) проводилось также экспериментальное определение разрушающих нагрузок $R_{\text{разр}}$ изоляционных опор.

Испытывались четыре опоры. Разрушающая нагрузка одной из опор составляла 425 даН. Эта опора предварительно успешно выдержала три цикла нагружений до 350 даН. Другая опора выдержала в первом нагружении 400 даН, но при повторном нагружении при этом значении силы разрушилась. Две другие опоры получили видимые повреждения при нагрузках более 375 и 325 даН. В последнем случае опора имела значительный эксцентриситет, обусловленный начальной кривизной осей изоляторов.

Разрушение всех опор сопровождалось предварительным потрескиванием, а затем образованием видимых продольных трещин на последнем фарфоровом элементе нижнего изолятора. Иногда наблюдались разрушения других фарфоровых элементов нижнего, а также среднего изоляторов.

Испытания не подтвердили указанное в некоторых справочниках значение разрушающей нагрузки изоляционных опор $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$ равное 500 даН. Наиболее близким к результатам испытаний оказалось аналитическое значение $R_{\text{разр}}$, которое в соответствии с [4] для колонки, собранной из опорно-штыревых изоляторов, определяется по формуле

$$R_{\text{разр}} = R_{\text{разр. из Н}} \cdot h \quad (2)$$

где $R_{\text{разр. из Н}}$ — разрушающая нагрузка нижнего изолятора, устанавливаемая заводом-изготовителем, в данном случае равная 2000 даН; h и H — расстояние от опасного сечения нижнего изолятора соответственно до его вершины и до оси приложения нагрузки (рис. 1). При этом опасным сечением опорно-штыревых изоляторов считается сечение, расположенное на уровне нижней плоскости фарфоровой шапки у заделки чугунного штыря (рис. 1).

Расстояние h для изоляторов ОНШ-35-20000 составляет примерно 190 мм. Расстояние от опасного сечения до вершины изолятора

$$H = h + (n-1)H_{\text{из}} + h_{\text{м}}, \quad (3)$$

где $H_{\text{из}}$ — высота одного изолятора; n — общее число изоляторов в опоре; $h_{\text{м}}$ — расстояние от оси шины (точки приложения нагрузки) до вершины опоры.

Для исследовавшихся опор $H \approx 190 + 2 \cdot 400 + 5 = 995$ мм. Таким образом, согласно [2] разрушающая нагрузка опор $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$ составляет 382 даН. Отклонения $R_{\text{разр}}$ от расчетного значения вызваны, в частности, наличием эксцентриситета, а также возможными микротрещинами, образовавшимися при транспортировке изоляторов, и другими факторами. При этом необходимо подчеркнуть, что все десять опор выдержали не менее 9—12 циклов нагружений с наибольшей нагрузкой около 250 даН. Это значение превосходит допустимую нагрузку опоры $R_{\text{доп}}$, которая согласно ПУЭ принимается равной 60% разрушающей нагрузки, т. е. $R_{\text{доп}} = 0,6 \cdot 382 \approx 230$ даН. Никаких видимых повреждений, а также характерных для разрушения потрескиваний здесь зафиксировано не было.

Кроме жесткости и разрушающей нагрузки определялась также основная частота собственных колебаний опор. Колебания опор возбуждались импульсной нагрузкой и измерялись частотомером PSU-202 и тензодатчиками активного сопротивления. Измерения показали, что свободные колебания опоры равны примерно 15 Гц.

Для исследования поведения опор в режиме КЗ проводились испытания экспериментальной конструкции с жесткой ошиновкой, собранной на изоляторах $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$. Испытания проводились на открытой площадке лаборатории больших токов НИЦ ВВА. Опытная линия с жесткой ошиновкой напряжением 110 кВ спроектирована Горьковским отделением Энергосетьпроекта на базе промышленных конструкций и изготовлена Новосельским заводом линейной и подстанционной арматуры. Монтаж ошиновки в НИЦ ВВА проводился специалистами треста Электростройподстанций.

Трехпротяжная конструкция с трубчатыми шинами круглого сечения. Внешний диаметр шин $D = 90$ мм, внутренний — $d = 80$ мм. Шины изготовлены из алюминиевого сплава 1915Т, модуль упругости материала шины $E = 7,1 \cdot 10$ МПа, плотность $\rho = 2770$ кгс/м³, временное сопротивление разрыву $\sigma_{\text{в}} = 353$ МПа (по ГОСТ 18482-79). Длина всей линии 27 м, состоящей из отдельных шин длиной по 9 м, соединенных с помощью гибких связей. Расстояние между фазами $a = 1,4$ м.

Шины устанавливались в шинодержателях (рис. 3). На одном конце среднего пролета шинодержатель плотно охватывал шину, препятствуя ее продольному перемещению. На другом конце среднего пролета устройство шинодержателей не позволяло плотно зажать шину, что обеспечивало возможность ее продольного перемещения в шинодержателе при тепловых расширениях.

Гибкие связи между шинами в этих узлах выполняют функции компенсаторов тепловых расширений. Средняя (контрольная) фаза была смонтирована на опорах $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$, две другие — на изоляторах, обладающих более высокой прочностью. Изоляторы устанавливались на стальных рамах, которые прижимались к земле железобетонными плитами.

Испытания проводились при двухфазном КЗ между фазами А и В, а также между В и С. Ряд опытов был проведен при трехфазном КЗ, а также двухфазном между фазами А и В с переходом в двухфазное между фазами В и С.

Токи в шинах при КЗ измерялись воздушными трансформаторами токов (ВТТ) и усилителем постоянного

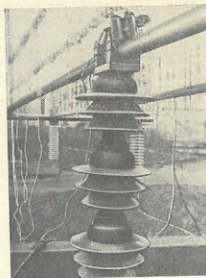


Рис. 3. Опора $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$

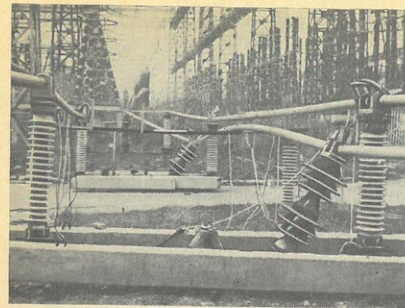


Рис. 4. Повреждение опытной линии с жесткой ошиновкой при воздействии токов короткого замыкания

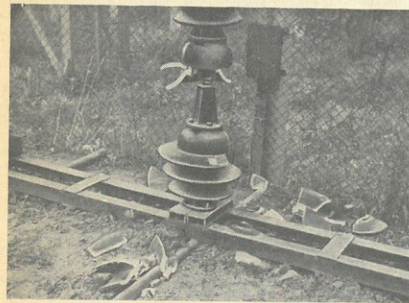


Рис. 5. Характерное повреждение изоляционной опоры $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$

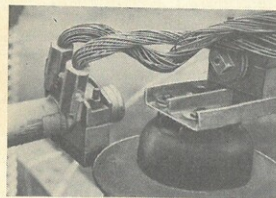


Рис. 6. Повреждение шинодержателя жесткой ошиновки

тока. Механические напряжения, возникающие в материале шин, а также частота колебания шин измерялись тензодатчиками активного сопротивления и усилителем УТС-1-ВТ-12. Кроме того, для измерения отклонений изоляторов в режиме КЗ использовались датчики измерения перемещений реостатного типа и скоростная киносъемка.

Амплитуда тока двухфазного КЗ (ударное значение) изменялась от 50 до 95 кА при действующем значении периодической составляющей тока соответственно от 20

до 39 кА. Ударный ток трехфазного КЗ не превышал 50 кА. Кривая тока в опытах была близка к суммарной кривой периодической составляющей, изменяющейся по гармоническому закону с частотой около 50 Гц, и аperiodической составляющей, изменяющейся по экспоненциальному закону с постоянной времени T_a , равной 0,036—0,040 с. Переходный процесс практически затухал через 80 мс. Ударный коэффициент во всех опытах оставался примерно равным 1,75. Испытания проводились при длительностях КЗ от 0,02 до 3,0 с. Источником тока служил ударный генератор ФК-4142.

При испытаниях опытной линии ударным током двухфазного КЗ (между фазами В и С) до 80 кА видимых повреждений в конструкции не наблюдалось. Число опытов при токе 50 кА (ударное значение) было 8; при 70 кА — 8; при 80 кА — 5. При токе 95 кА произошло разрушение изоляторов $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$, что привело к падению средней фазы линии (рис. 4). На рис. 5 представлено характерное повреждение изоляционных опор $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$. В этом опыте произошло не только разрушение изоляторов, но и шинодержателя на одной из средних опор (рис. 6). После замены поврежденных изоляторов и шинодержателя была проведена повторная серия опытов при двухфазном КЗ между фазами А и В. Видимых повреждений при токах 50 кА (6 опытов) и 70 кА (5 опытов) не было. При токе 80 кА произошло вторичное разрушение изоляторов, аналогичное приведенному на рис. 4 и 5.

Результаты испытаний показали, что допустимое значение ударного тока двухфазного КЗ для жесткой ошиновки напряжением 110 кВ, собранной на опорах $3 \times \text{ОНШ-35-2000}$, составляет не более 70 кА. Основная частота собственных колебаний шинной конструкции равна примерно 4,0 Гц. Среднее значение логарифмического декремента затухания системы шина — изоляторы около 0,51.

По методике, приведенной в [1, 2 и 6], проводились теоретические оценки электродинамической стойкости ошиновки. Наибольшие нагрузки на изоляторы и напряжения в материале шин при КЗ определялись следующим образом.

Момент инерции и момент сопротивления поперечного сечения шины

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{\pi(94^4 - 84^4)}{64} = 121 \text{ см}^4 = 121 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$W = \frac{2J}{D} = \frac{2 \cdot 121}{9} = 26,9 \text{ см}^3 = 26,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Площадь поперечного сечения шины

$$S = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 13,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

погонная масса шины

$$m = \rho S = 3,7 \text{ кг/м}.$$

Приведенная (сосредоточенная) масса опоры вычисляется по формуле [2]

$$M = \frac{C_{\text{оп}}}{(2\pi f_{\text{оп}})^2} = 32,6 \text{ кг}. \quad (4a)$$

Приведенную массу опоры можно также определить приближенно по формуле

$$M = M_{\text{оп}} \left(\frac{H_{\text{п. т. оп}} \cdot \tau_{\text{оп}}}{H_{\text{п. т. ш}} \cdot \tau_{\text{ш}}} \right), \quad (4б)$$

где $M_{\text{оп}}$ — масса опоры; $H_{\text{п. т. оп}}$ и $H_{\text{п. т. ш}}$ — расстояния от основания опоры до центра тяжести сечения опоры и шины.

Принимая во внимание, что $M_{оп} = 134$ кг, а отношение $H_{п.т.оп.}/H_{п.т.ш.} \approx 0,5$ по формуле (46) получим 33,5 кг. Таким образом, полученные результаты годны от достаточно высокой точности приближенной формулы (46).

Параметры шинной конструкции:

$$n_1 = 0,99;$$

$$l^3/EJ = 2461.$$

В качестве расчетной схемы шинной конструкции авдано выбрать балку с шарнирным опиранием шины изоляторы пролета [1, 2]. Для указанной расчетной схемы и соответствующих значениях $C_{оп} l^3/EJ$ и M/ml диаметр первой (основной) частоты собственных колебаний шинной конструкции r_1 примерно равен 3,0.

Первая частота собственных колебаний шины на опорных опорах определяется по формуле.

$$f_1 = \frac{r_1^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} = 2,7 \text{ Гц.}$$

Разница между теоретическим и экспериментальным значениями частоты собственных колебаний обусловлена, по-видимому, отличием условий опирания шины на изоляторы от идеального шарнира, принятого в начале счета.

Наибольшие нагрузки на изоляторы при двухфазном КЗ определяются по формуле [2, 6]

$$I_{макс} = \frac{2 \cdot 10^{-7} l}{a} I_m^2 R_{макс} \quad (5a)$$

$$I_{макс} = \frac{2 \cdot 10^{-7} l}{a} i_{уд}^2 \eta, \quad (5б)$$

где I_m — амплитуда периодической составляющей тока КЗ; $i_{уд} = K_{уд} I_m$ — ударный ток КЗ; $K_{уд}$ — ударный коэффициент; $R_{макс}$ — относительная максимальная нагрузка на изолятор; η — динамический коэффициент при двухфазном КЗ,

$$\eta = R_{макс} / K_{уд}^2.$$

Согласно приближенным расчетам на основе решения задачи о колебаниях одномассовой системы [1, 2, 6] динамический коэффициент двухфазного КЗ при $f_1 = 2,7$ Гц $T_a = 0,04$ с равен 0,38. Принимая во внимание, что расчетная разрушающая нагрузка опор $R_{разр}$ равна 3830 Н, в соответствии с уравнением (5б) ток, при котором следует ожидать разрушение изоляторов, составляет

$$i_{уд. разр} = \sqrt{\frac{R_{разр} a}{2 \cdot 10^{-7} l \eta}} = 88,5 \text{ кА.}$$

Допустимый ток динамической стойкости шинной конструкции, соответствующий допустимой нагрузке на опоры, $i_{дин} = \sqrt{0,6} i_{уд. разр} = 69$ кА. Таким образом, полученные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Необходимо отметить, что расчетный ток электродинамической стойкости ошиновки, вычисленный без учета колебаний шинной конструкции, т. е. при динамическом коэффициенте, равном 1, оказался бы заниженным на 40 %, а расчетные нагрузки на изоляторы выросли бы на 60 %. Следовательно, отказ от учета колебаний ошиновки при оценках электродинамической стойкости конструкций напряжением 110 кВ и выше приводит к неоправданному запасу прочности.

Наибольшие напряжения в материале шин при двух-

фазном КЗ определяются по формуле

$$\sigma_{макс} = \frac{2 \cdot 10^{-7} l^2}{\lambda a W} i_{уд}^2 \eta, \quad (6)$$

где $\lambda = 8$ для конструкций с разрезными шинами. Расчетное напряжение при ударном токе КЗ 50 кА составляет, например, 51,1 МПа. Наибольшие напряжения, полученные при испытаниях этим током, оказались равными 43—57 МПа. Расчетное же напряжение в материале шин даже при токе 95 кА составляет 184 МПа, что значительно меньше допустимого напряжения, равного $0,7\sigma_b = 0,7 \cdot 353 = 247,1$ МПа (σ_b — временное сопротивление разрыву). Следовательно, электродинамическая стойкость шин существенно превосходит стойкость изоляционных опор 3 × ОНШ-35-2000.

выводы

1. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования подтвердили достаточно высокую точность инженерной методики расчета на электродинамическую стойкость шинных конструкций жесткой ошиновки. Приведенный алгоритм расчета может быть рекомендован для практического использования при проектировании ОРУ электрических станций и подстанций с жесткой ошиновкой.

2. Расчетные разрушающие и допустимые нагрузки составных шинных опор, собранных из опорно-штыревых изоляторов, определяются исходя из момента сил в опасном сечении, расположенном на нижней плоскости фарфоровой шапки у заделки чугуноного штыря.

3. Электродинамическая стойкость линии жесткой ошиновкой напряжением 110 кВ определяется главным образом прочностью и надежностью опорных изоляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцев Е. П., Долин А. П. Электродинамическая стойкость жесткой ошиновки 110 кВ и выше. — Электрические станции, 1980, № 1.
2. Кудрявцев Е. П., Долин А. П. Расчет жесткой ошиновки распределительных устройств. М.: Энергия, 1981.
3. Долин А. П. Экспериментальные исследования жесткости опорных изоляторов. — Изв. вузов. Энергетика, 1979, № 8.
4. Долин А. П. К определению допустимых нагрузок на изоляторы и шинные опоры. — Промышленная энергетика, 1981, № 10.
5. Дмитровский В. С. Расчет и конструирование электрической изоляции. М.: Энергоиздат, 1981.
6. Долин А. П. Расчет электродинамической стойкости ошиновки с учетом ее колебаний при коротких замыканиях. М.: МЭИ, 1981.

УДК 621.318.4.019.3.002.235

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК СО

СДВОЕННЫМИ ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ

Конов Ю. С., канд. техн. наук, Малышев А. В., инж.

Научно-исследовательский центр по испытанию высоковольтной аппаратуры

В настоящее время получили широкое распространение сдвоенные бетонные токоограничивающие реакторы. Схемы электроустановок со сдвоенными реакторами, особенности их применения, а также положительный эффект, достигаемый при их использовании, подробно изложены в литературе. Цель данной статьи — анализ причин повреждений сдвоенных бетонных токоограничивающих реакторов и разработка мероприятий по повышению их надежности.

**ПО СТРАНИЦАМ БЮЛЛЕТЕНЯ
«ОТКРЫТИЯ, ИЗОБРЕТЕНИЯ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБРАЗЦЫ, ТОВАРНЫЕ ЗНАКИ»**

Авторское свидетельство № 823607 с приоритетом от 6 апреля 1976 г.

Безлепкин В. П., Барабанов Э. Л., Жаров Р. А., Ткачук А. Г.

НПО по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И. И. Ползунова.

Способ работы парогазовой установки.

Установка содержит нагнетательный трубопровод водяного пара котла, а также газовой и водовоздушный теплообменник, объединенные по воде в замкнутый циркуляционный контур с поддержанием давления в контуре на заданном уровне.

В целях повышения эксплуатационной надежности давление в замкнутом контуре поддерживают равным давлению в нагнетательном трубопроводе водяного тракта котла путем постоянного ампорозвольного перепуска из этого тракта в замкнутый контур обратно.

Авторское свидетельство № 823623 с приоритетом от 4 апреля 1977 г.

Лукин И. Н., Жуковский В. Ф.

Гидропроект, Ленинградское отделение.

Радиально-осевая гидротурбина.

Турбина содержит статор с нижним кольцом и направляющий аппарат, снабженный поворотными лопатками с цапфами и образующий с рабочим колесом полость, связанную при помощи сливного трубопровода с отсасывающей трубой.

В целях повышения надежности при переводе гидротурбины режим синхронного компенсатора в нижнее кольцо статора на входе сливного трубопровода установлен отсечный клапан с приводом, выполненный в виде шарнирно соединенных толкателя и рычага, одно плечо которого подпружинено, а другое соединено рычагом с цапфой одной из лопаток направляющего аппарата.

Авторское свидетельство № 823742 с приоритетом от 31 июля 1979 г.

Мамонов В. П., Слугин В. П., Пахомова А. М.

Теплопроект, Новокузнецкое отделение.

Установка для нанесения тепловой изоляции на трубу.

Установка включает загрузчик тепловой изоляции, питатель, асептичную камеру с нагнетателем смеси тепловой изоляции и вводные патрубки.

В целях повышения производительности установка снабжена злом распушки тепловой изоляции, выполненным в виде приводящего подающего барабана и подбарабана, установленных с регулируемым зазором относительно один другого между питателем и асептической камерой и снабженных коническими штифтами, расположенными на их поверхностях с наклоном в противоположные стороны.

Предложенная установка отличается также тем, что штифты на поверхности барабана установлены по винтовой линии в шахматном порядке.

Авторское свидетельство № 823750 с приоритетом от 12 декабря 1977 г.

Плоткин Г. Л., Немерский Б. В., Ицксон Ю. Б., Гельченко Н. Е.

УралВТИ.

Система автоматического регулирования подачи питательной воды в двухпоточный парогенератор.

Система содержит регулятор производительности и регулятор распределения воды по потокам, к входу которых подключены датчики расхода воды по потокам, а к выходам — соответственно регулирующийся орган производительности питательного насоса и рез-логический элемент — исполнительные механизмы питательных клапанов, установленных на потоках, с датчиками их состояния, связанный с логическим элементом блок управления, к входу которого подключены датчик состояния одного из клапанов и через линейный блок — датчик нагрузки.

В целях повышения надежности система дополнительно содержит последовательно подсоединенные к логическому элементу второй блок управления и второй нелинейный блок. При этом к второму блоку управления подключен датчик состояния другого питательного клапана, а второй нелинейный блок связан с датчиком нагрузки и оба блока управления выполнены в виде сумматоров.

Авторское свидетельство № 823761 с приоритетом от 18 июля 1979 г.

Будницкий А. М., Кацнельсон В. Б., Мнуеских М. Е.

Уралтехэнерго.

Система регулирования процесса горения в парогенераторе.

Система содержит датчик концентрации кислорода в дымовых газах, соединенный с регулятором подачи основного топлива и регулирующим органом подачи дополнительного топлива, снабженным датчиком положения, включенным на вход регулятора подачи основного топлива.

В целях повышения качества управления процессом горения в парогенераторе при переходных режимах работы система дополнительно содержит два усилителя с зоной нечувствительности. При этом первый усилитель установлен между регулятором и датчиком концентрации кислорода, а второй — между регулятором и датчиком положения регулирующего органа.

Авторское свидетельство № 823804 с приоритетом от 5 июля 1979 г.

Кондратьев А. Д., Курнык Л. Н., Белянин В. М., Ларионова Л. Е.

УралВТИ

Подогреватель смешивающего типа (преимущественно для деаэрации).

Подогреватель содержит водораспределитель, переливную и барботажную тарелки, встроенный в барботажную тарелку парогерепусковой байпасный гидрозатвор, образованный поддоном с опущенной в него вертикальной перегородкой и водосливное устройство с порогом.

В целях расширения диапазона рабочих режимов и уменьшения сопротивления поддон парогерепусковой байпасной гидрозатвора выполнен перфорированным на участке между порогом водосливного устройства и примыкающей к барботажной тарелке вертикальной перегородкой.

Авторское свидетельство № 824357 с приоритетом от 9 июля 1979 г.

Овсянников А. И., Кутерин В. А., Буньков Г. А., Саханов А. И.

Проектно-технологическое бюро ВНИИПроктэлектромонтажа.

Устройство для прокладки кабеля в местах поворота трассы.

Устройство содержит по меньшей мере четыре ролика, установленных на основании с возможностью поворота в плоскости, перпендикулярной плоскости основания, и расположенные по контуру трапеции в ее вершинах.

В целях повышения уровня механизации прокладки кабеля устройство снабжено поворотными валами и общим ступором для предотвращения поворота валов при перемещении кабеля вдоль трассы в процессе прокладки, а ролики закреплены на концах валов.

Авторское свидетельство № 824358 с приоритетом от 10 июля 1979 г.

Вороши Ф. Я.

Проектно-технологическое бюро ВНИИПроктэлектромонтажа

Устройство для протягивания проводов и кабелей в трубы.

Устройство содержит упругое звено с расположенным в нем стальным тросом с закрепленными в оконцевателях концах, один из которых выполнен подвижным.

В целях повышения производительности устройство снабжено подающим механизмом (обеспечивающим вращательно-поступательное движение), с которым жестко соединен неподвижный оконцеватель. При этом упругое звено выполнено в виде цилиндрической пружины плотной навивки.

Подающий механизм устройства выполнен в виде барабана для размещения на нем троса с цилиндрической пружиной, установленного на оси в каркасе в виде рамы, и привода, на валу которого жестко закреплена рама. При этом вал привода и ось барабана расположены взаимно перпендикулярно и связаны кинематически планетарной передачей.