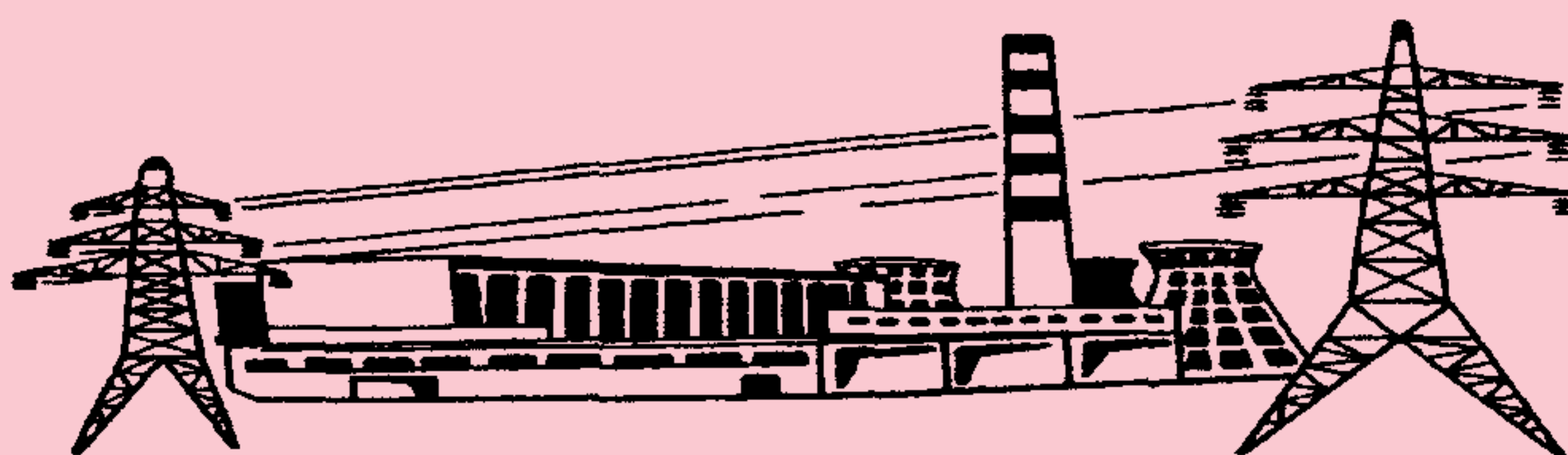


РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВЫБОРУ  
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В ЦЕПИ  
ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ

РД 153-34.3-47.501-2001



Москва



2001

**Р а з р а б о т а н о** Департаментом электрических сетей  
РАО «ЕЭС России» и АО «ВНИИЭ»

**И с п о л н и т е л и** *В.А. КУХТИКОВ* (Департамент элект-  
рических сетей), *И.Л. ШЛЕЙФМАН* (АО «ВНИИЭ»)

**У т в е р ж д е н о** Департаментом электрических сетей РАО  
«ЕЭС России» 06.07.01

Первый заместитель начальника *Ю.А. ДЕМЕНТЬЕВ*

Дата введения 2001 — 09 — 01  
год — месяц — число

1 В электрических сетях 110, 400, 500, 750 и 1150 кВ для коммутации шунтирующих реакторов (ШР) применяются воздушные выключатели.

Опыт эксплуатации воздушных выключателей в цепях ШР показал их высокую повреждаемость. В сетях 500 кВ повреждаемость реакторных воздушных выключателей в 3 раза выше, чем выключателей других присоединений. Кроме этого, перенапряжения и «броски» тока намагничивания, сопровождающие отключение и включение ШР, воздействуют на витковую изоляцию ШР и в совокупности с рядом технологических дефектов реакторов типа РОДЦ-60000/500 приводят к их повышенной аварийности.

В последнее время в соответствии с Решением Департамента электрических сетей от 25.08.97 № Э-1/97 «О преимущественном применении элегазовых выключателей при строительстве, реконструкции, техническом перевооружении и замене оборудования подстанций 330-750 кВ РАО «ЕЭС России» для коммутации ШР стали применяться элегазовые выключатели.

---

**Издание официальное**

**Настоящий РД не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения организационно-разработчика**

2 Государственный стандарт ГОСТ 687-78 «Выключатели переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия» и другие отечественные стандарты не содержат каких-либо технических требований и указаний по методам испытаний для выключателей, коммутирующих реакторы. Это объясняется недостаточным уровнем знаний о работе выключателей в этом режиме, отсутствием таких требований в международных стандартах в период разработки ГОСТ 687-78, трудностью переноса полученных при испытаниях результатов на различные типы реакторов и схемы их подсоединений в эксплуатации. Отечественные воздушные выключатели не испытывались в режиме отключения тока реактора, их работоспособность не гарантируется предприятиями — изготовителями.

Международная электротехническая комиссия выпустила в 1994 г. технический доклад МЭК 1233 «Выключатели переменного тока высокого напряжения — коммутация индуктивных нагрузочных токов», в котором обобщен положительный опыт, накопленный в мировой (в том числе российской) практике. Рекомендации этого документа используются зарубежными разработчиками и испытателями, но не нашли применения в отечественной практике.

3 Высокая повреждаемость воздушных выключателей, предназначенных для коммутации реакторов, связана с:

- большим количеством выполняемых операций, в среднем около 100 за год, а на отдельных объектах — до 1000, что приводит к повышенному механическому износу, ухудшению изоляционных характеристик и повышению вероятности возникновения перенапряжений;

- неодновременной работой разрывов выключателей;

- снижением электрической прочности внутренней изоляции из-за повышения влажности воздуха.

В большой степени на повреждаемость воздушных выключателей влияет низкое качество изготовления и применяемых материалов.

4 Перенапряжения при отключении реактора возникают вследствие двух причин.



4.1 Срез тока (принудительное уменьшение тока до естественного перехода через нулевое значение).

В воздушных выключателях сильное воздушное дутье приводит к срезам тока при мгновенных значениях 25-40 А (по некоторым данным – до 70 А). При этом неограниченный вентиляльным разрядником или ОПН уровень перенапряжений на реакторе может достигать  $3,5U_{\phi}$ , а на межконтактном промежутке выключателя –  $4,2U_{\phi}$ . Перенапряжения на контактах выключателя могут привести к отказу в гашении дуги и повреждению выключателя.

В элегазовых выключателях токи среза составляют 4-10 А, напряжение на реакторе – до  $1,5 U_{\phi}$ , напряжение на межконтактном промежутке выключателя – до  $2,4 U_{\phi}$ , что не приводит к повреждениям выключателей.

4.2 Пробой межконтактного промежутка при восстановлении на нем напряжения после среза тока.

При больших напряжениях на выключателе и небольших расстояниях между контактами (в случае размыкания контактов вблизи перехода тока через нулевое значение) во время переходного процесса напряжения могут происходить пробои межконтактного промежутка выключателя. Это может привести к дополнительному увеличению перенапряжений на реакторе и выключателе относительно земли. Отмечались перенапряжения до  $2,0 U_{\phi}$ , но при неблагоприятном развитии процесса они могут достигать и больших значений.

В целом перенапряжения зависят от многих факторов (фазы тока в момент размыкания контактов, значения шунтирующей выключатель емкости, состояния дугогасительного устройства выключателя) и их значения подвержены большому статистическому разбросу.

5 В отечественной практике для ограничения перенапряжений параллельно реактору устанавливается защитный аппарат – вентиляльный разрядник или ограничитель перенапряжений (ОПН). В мировой практике для ограничения перенапряжений используются также и два других способа: подключение ОПН параллельно выключателю или применение устройства синхронизации момента размыкания контактов выключателя относительно фазы тока и напряжения реактора.

6 Перенапряжения на контактах воздушных выключателей 500 кВ при установке параллельно реактору вентильных разрядников снижаются до  $3,1 U_{\phi}$ , при установке ОПН – до  $2,4 U_{\phi}$ . Перенапряжения на контактах воздушных выключателей 750 кВ при установке параллельно реактору вентильных разрядников снижаются до  $3,1 U_{\phi}$ , при установке ОПН – до  $2,3 U_{\phi}$ . Таким образом, эффективность применения ОПН существенно выше, чем вентильных разрядников.

7 Синхронизация момента размыкания контактов выключателя относительно фазы напряжения и тока реактора позволяет исключить повторные пробои межконтактного промежутка выключателя за счет принудительного выбора благоприятной для данного типа выключателя фазы размыкания контактов и снизить перенапряжения. Синхронизация эффективна для выключателей, имеющих небольшие токи среза, небольшую разновременность срабатывания разрывов и достаточно стабильное собственное время отключения. Этим требованиям удовлетворяют современные элегазовые выключатели.

Для синхронизации момента размыкания контактов разработаны и применяются специальные устройства, например, Switchsync F-236 компании АББ.

При применении устройства синхронизации имеется возможность при включении реактора регулировать фазу напряжения в момент замыкания контактов, что позволяет исключить «броски» тока намагничивания реактора и влияет на повышение надежности работы и срока службы реактора.

8 Повышение надежности работы воздушных выключателей при отключении реакторов может быть достигнуто выполнением указанных ниже мероприятий.

8.1 Замена в цепях реакторов разрядников типа РВМК на ограничители перенапряжений ОПН, что позволит снизить уровень перенапряжений на реакторах и на межконтактном промежутке выключателей.

8.2 Постоянный и качественный контроль за влажностью воздуха; снижение влажности воздуха путем совершенствования воздухоприготовительных установок и улучшения



режимов их работы. Это обеспечивается выполнением «Рекомендаций № БП.64/05-648-00 по работе выключателей ВВ-330(Б) и ВВ-500(Б) в режиме АВР», разработанных ОАО «Уралэлектротяжмаш».

8.3 Контроль механических характеристик выключателя после 50 – 75 циклов включение – отключение (ВО), обеспечение стабильности механических характеристик и одновременности срабатывания разрывов выключателя.

8.4 Проведение ревизий дугогасительных устройств после 100 – 150 циклов ВО с контролем состояния продольной изоляции.

9 В соответствии с мировым опытом рекомендуется заменять воздушные выключатели, установленные в цепи шунтирующих реакторов, современными отечественными или импортными элегазовыми выключателями, имеющими:

- стабильные механические характеристики;
- одновременную работу дугогасительных разрывов (для выключателей с несколькими разрывами разброс не должен превышать 2 мс);
- высокую электрическую прочность изоляции между разомкнутыми контактами;
- положительные результаты испытаний на отключение тока реактора в соответствии с документом МЭК 1233.

Для ограничения перенапряжений при отключении реактора и «бросков» тока намагничивания при включении реактора целесообразно применять устройства синхронной коммутации.

---

Подписано к печати 03.09.2001

Формат 60 × 84 1/16

Печать ризография

Усл.печ.л. 0,5 Уч.-изд. л. 0,4

Тираж 200 экз.

Заказ № 339

Издат. № 01-104

---

Лицензия № 040998 от 27.08.99 г.

Производственная служба передового опыта эксплуатации  
энергopредприятий ОРГРЭС  
105023, Москва, Семеновский пер., д. 15