

## **Контроль оборудования под рабочим напряжением с использованием отводов высоковольтных вводов**

**Кассихин С.Д. , Устинов В.Н. (завод «ИЗОЛЯТОР»),  
Туркот В.А., к.т.н. (ФГУП ВЭИ им.В.И.Ленина)**

В современной электроэнергетике оснащение высоковольтного оборудования электронными системами непрерывного контроля становится важнейшей составляющей комплекса мер, обеспечивающих надежность его работы.

Высоковольтные вводы с конденсаторной изоляцией являются составной частью всех основных видов оборудования на напряжения выше 100 кВ и на протяжении многих лет изготавливаются со специальными отводами, позволяющими подключать измерительные приборы для контроля характеристик изоляции под рабочим напряжением. Широко известен, например, неравномерно-компенсационный метод измерения комплексной проводимости и устройства КИВ-500 (1).

В настоящее время появилась новая измерительная техника (2, 3) и возникли новые проблемы, например, необходимость регистрации высокочастотных перенапряжений (4,5).

Расширение перечня контролируемых параметров вызывает необходимость создания высоковольтных вводов с двумя отводами от последних обкладок. Использование двух отводов обусловлено тем, что для измерения характеристик частичных разрядов в трансформаторах и высокочастотных перенапряжений на шинах подстанций с элегазовыми КРУЭ, напряжений на низкой стороне (отбор мощности), а также для непрерывного контроля емкости и тангенса угла диэлектрических потерь основной изоляции самих вводов требуются устройства присоединения с разными техническими характеристиками.

Наличие двух отводов (измерительного – «test tap» и потенциального или напряжения – «voltage tap») регламентировано в стандарте IEC 60137 (6).

Система подключения к высоковольтному вводу, как правило, состоит из трех основных модулей, рис. 1.

**Первый модуль** представляет собой шунт (датчик) непосредственно присоединяемый к отводу. Шунт может быть резистивным, емкостным, либо комбинированным и его основное назначение обеспечить надежное соединение отвода с заземленным фланцем, что гарантирует защиту самого ввода. Параметры шунта, являющегося нижним плечом делителя напряжения, выбираются исходя из требуемой величины напряжения. Корпус этого модуля крепится к заземленной средней части ввода.

**Второй модуль** устанавливается в безопасной для обслуживания зоне, например, в нижней части бака трансформатора. Эта часть системы контроля может быть установлена в общем шкафу с другими средствами мониторинга и управления. Ко второму модулю экранированными кабелями подключаются шунты трех фаз. Второй модуль выполняет функцию коммутатора, согласующего параметры устройств присоединения с измерительным модулем.

В серийно выпускавшихся более 20 лет (до 1993г) устройствах «КИВ – 500» использовались, например, согласующие трансформаторы, отводы первичной обмотки которых присоединялись к ПИНам вводов. Входное сопротивление на зажимах первичной обмотки согласующих трансформаторов составляло порядка 20 кОм. Высокое значение входного сопротивления способствовало появлению ложных сигналов при дожде из-за снижения сопротивления подводящих цепей.

Применяемые в настоящее время устройства «Р-1500» с датчиками типа DB-2 имеют входное сопротивление порядка 10 Ом. Близкие значения входного сопротивления имеют и устройства присоединения приборов «IDD» и «ШКИВ».

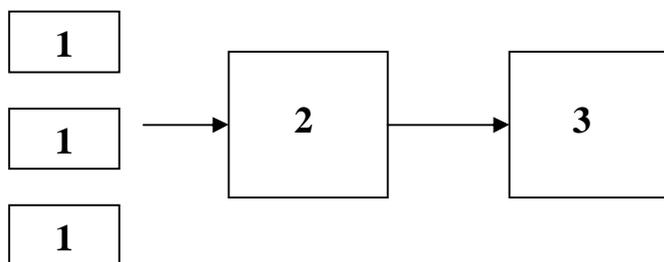


Рис.1

**Третий модуль** – это подключаемые измерительные приборы, которыми можно производить дискретные измерения без отключения напряжения с наименьшими затратами, либо специальный прибор для непрерывного контроля. В ряде случаев второй и третий модули могут быть совмещены.

В настоящем докладе представлены результаты разработки конструкции нижнего плеча делителя напряжения, для создания с потенциальным отводом (**Voltage tap**) источника напряжения при работе ввода. Такая задача возникла в связи с поставкой в Китай специальных вводов, для соединения выпрямительных блоков преобразовательной подстанции с трансформаторами.

Верхним плечом создаваемого делителя напряжения является основная емкость ввода  $C_1$  между высоковольтным проводником и потенциальным отводом. Нижнее плечо делителя напряжения образуют электрическая емкость предпоследней обкладки конденсаторного остова ввода  $C_2$  и дополнительные емкости  $C_z$ , подключаемые к потенциальному отводу (**Voltage tap**) от предпоследней обкладки конденсаторного остова ввода. Электрическая схема делителя приведена на рис.2.

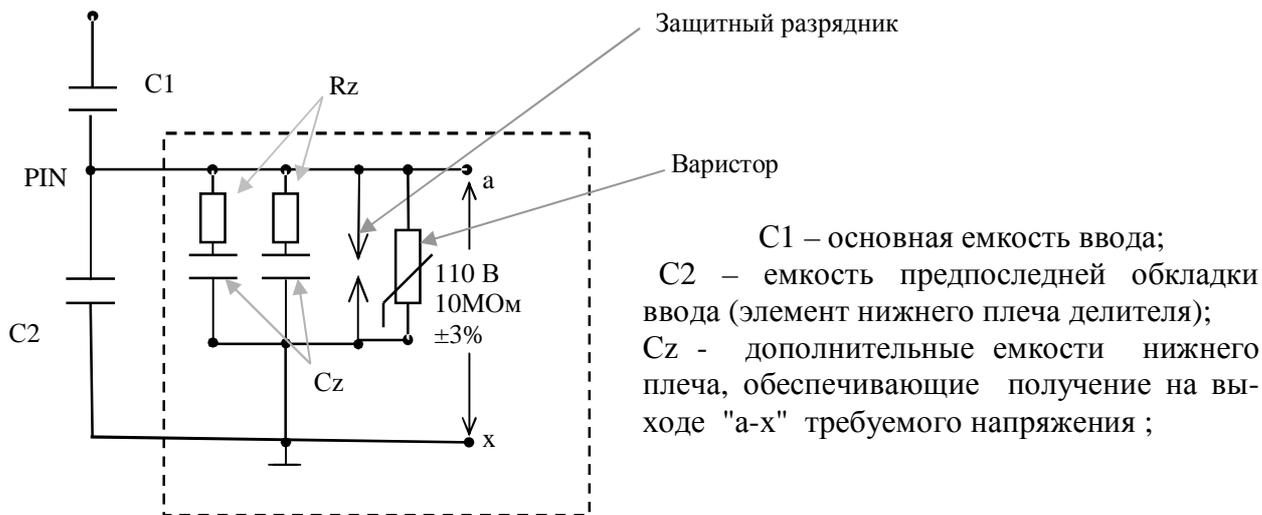


Рис. 2

При подключении к разъемам «а – х» второй части схемы, представляющей реактор с определенной индуктивностью и измерительный трансформатор, нижнее плечо делителя будет состоять из двух ветвей, одна из которых содержит индуктивность, а другая емкость. В этом случае можно обеспечить условия, близкие к режиму резонанса токов (равенство сопротивлений индуктивной и емкостной ветвей, когда реактивные слагающие токов в ветвях взаимно компенсируют друг друга).

Без учета активных сопротивлений

$$Z = \frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

Режим резонанса

$$1 = \omega^2 LC$$

Подключение реактора и приближение к режиму резонанса позволяет повысить напряжение на нижнем плече, что обеспечивает возможность отбора мощности со вторичных обмоток специального трансформатора. На рис. 3 приведен вариант схемы, которую реализует для этих целей фирма «HSP».

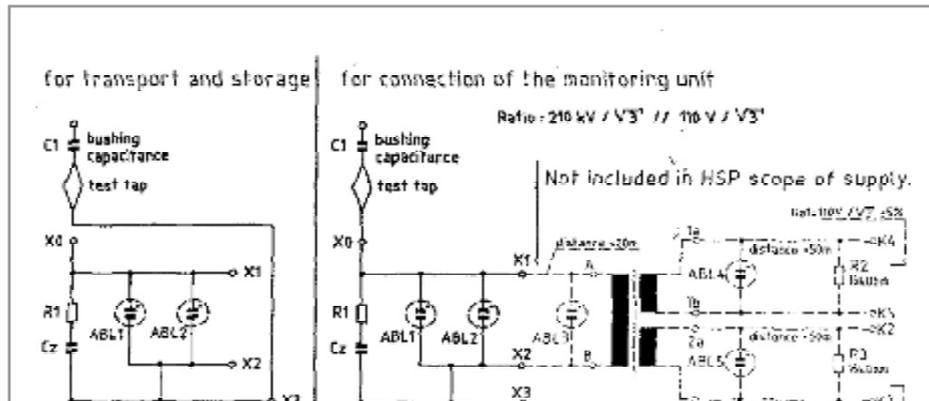


Рис.3

Разработанное нижнее плечо делителя выполнено в герметичном корпусе (IP 66), который размещен между фланцами ввода, рис.4 и крепится к корпусу потенциального отвода, рис.5, 6. Внутри корпуса размещена печатная плата с электронными компонентами, рис.5. Емкость нижнего плеча делителя для разных вводов менялась в диапазоне от  $6 \times 10^{-7}$  Ф до  $25 \times 10^{-7}$  Ф.



Рис.4



Рис. 5



Рис. 6

#### Литература

1. П.М. Сви. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
2. Мордкович А.Г. , Туркот В.А., Шеремет А.А., Тарасов А.А., Крайчич А.В. Комплекс мониторинга, диагностики и защиты конденсаторных высоковольтных вводов. – ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2008, № 5.
- 3.
4. Yasuhisa Ishikawa, et al, “Investigation of VFT Surges Propagated into Transformer and Overvoltages Applied to Windings,” Electrical Engineering in Japan, vol.146, No.2, 2004.
5. I. Rida, A. Rub, EHV Bushing Failure Due to Very Fast Transient Overvoltages. A2-207 CIGRE 2008.
6. Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V. IEC 60137