

Создание вакуумной коммутационной аппаратуры на напряжение 72,5–220 кВ: состояние и перспективы

БЕЛКИН Г.С., РОМОЧКИН Ю.Г.

Дано описание основных направлений развития вакуумной коммутационной аппаратуры высокого напряжения в мире и в РФ. В настоящее время разработаны и выпускаются вакуумные выключатели (колонковые и баковые) на напряжение до 170 кВ включительно. Появление таких выключателей связано, в первую очередь, с ужесточением требований к экологии.

Ключевые слова: выключатели, номинальное напряжение, дугогасительная камера, изоляция, пробивное напряжение

В последние годы в мире и в РФ активно проводятся работы по созданию вакуумных выключателей высокого напряжения (72,5–220 кВ). Эти выключатели предназначены для использования вместо элегазовых в соответствующих классах напряжения. Одной из причин, по которым необходимо найти альтернативу элегазовым выключателям, является высокая способность элегаза создавать парниковый эффект. В этом отношении он в 22200 раз эффективнее двуокиси углерода, поэтому желательно там, где это возможно, ограничивать применение элегазовых выключателей.

Кроме экологической безупречности можно отметить и такие преимущества вакуумных выключателей, как высокий ресурс, возможность работы без подогрева при низких температурах, низкие эксплуатационные затраты.

В настоящее время в мире и в РФ разработаны и выпускаются различные вакуумные выключатели (колонковые и баковые) на напряжение 72,5–170 кВ. Кроме того, проводятся работы над новыми вакуумными аппаратами. В статье дается анализ направлений развития вакуумной коммутационной аппаратуры напряжением 72,5–220 кВ.

Состояние вакуумной коммутационной аппаратуры на напряжение 72,5–220 кВ. Наибольших успехов в этой области достигла японская фирма Japan AE Power Systems Corporation (JAEPS).

Main avenues in the development of high-voltage vacuum switching apparatuses in the Russian Federation and around the world are described. At present, column and tank vacuum circuit breakers for up to 170 kV voltage levels have been developed and are commercially available. Such circuit breakers have appeared mainly in connection with more stringent environmental requirements.

Key words: circuit breakers, nominal voltage, arc chute, insulation, breakdown voltage

Фирма JAEPS разработала и выпускает вакуумные выключатели на напряжение до 170 кВ в колонковом и баковом исполнении с одним разрывом в полюсе. На рис.1 показан внешний вид некоторых вакуумных выключателей [1]. В баковых выключателях (рис.1,а; напряжение 72,5/84) в качестве изоляционной среды используется сухой воздух под давлением, что делает конструкцию выключателей экологически безупречной. Важным преимуществом баковых выключателей с воздушной изоляцией является и то, что при разборке выключателя не нужно собирать газ, используемый в качестве изоляционной среды.

На рис. 1,б показан одноразрывный колонковый вакуумный выключатель на напряжение 145 кВ.

На рис. 2 показана принципиальная компоновка вакуумного бакового выключателя фирмы JAEPS на напряжение 72,5/84 кВ с воздушной изоляцией [1]. Давление воздуха в баке (5 атм) выше, чем в аппаратах, где в качестве изоляционной среды применяется элегаз. За счет повышенного давления воздуха удается обеспечить примерно такие же размеры и технико-экономические параметры, как и в аппаратах с элегазовой изоляцией. Давление воздуха в баке выключателя ограничивается тем, что при больших давлениях сильфон в вакуумной дугогасительной камере (ВДК) теряет устойчивость и деформируется. Баковые вакуумные вы-

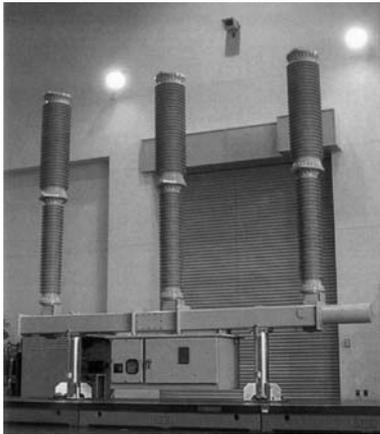
Парфенов Дмитрий Евгеньевич окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2008 г. Инженер-конструктор первой категории ФГУП ВЭИ.

Рахматулин Асхат Вагизович окончил электромеханический факультет МЭИ в 1974 г. Зам. начальника отдела ФГУП ВЭИ.

Чемерис Владлен Семенович окончил электромеханический факультет МЭИ в 1953 г. В 1988 г. защитил кандидатскую диссертацию «Коммутационная износостойкость элементов дугогасительных устройств автокомпрессионных элегазовых выключателей». Начальник отдела ФГУП ВЭИ.



а)



б)

Рис. 1

ключатели высокого напряжения (до 170 кВ) получили большее распространение, чем колонковые.

В нашей стране также проводятся работы по созданию вакуумных выключателей высокого напряжения (110 кВ и выше). Конкурентоспособный с элегазовым вакуумный выключатель на номинальное напряжение 110 кВ должен иметь один или два разрыва в полюсе.

В ФГУП ВЭИ разработана вакуумная дугогасительная камера (ВДК) на напряжение 60 кВ (рис. 3) для использования в двухразрывных ваку-

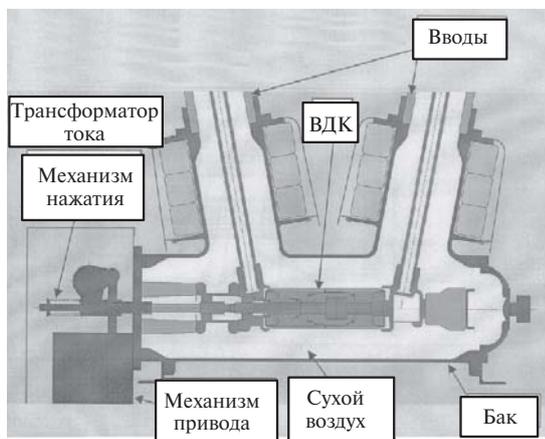


Рис. 2



Рис. 3

умных выключателях на номинальное напряжение 110 кВ.

Гашение дуги в ВДК происходит за счет наложения продольного магнитного поля при протекании отключаемого тока по контактной системе. Ход контактов составляет 30 мм. В ОАО «НПО «Контакт» (г. Саратов) разработан и выпускается вакуумный выключатель ВБП-110 П-31,5/2000УХЛ1 (рис. 4) с двумя разрывами в полюсе, в котором используется разработанная в ВЭИ вакуумная камера. Выключатель имеет Н-образную компоновку и оснащен пружинным приводом. Для завода пружины привода используется электромагнит.

Перспективы развития вакуумной коммутационной аппаратуры высокого напряжения. В ФГУП ВЭИ проводятся работы по созданию ВДК на номинальное напряжение 110 кВ и одноразрывного вакуумного выключателя на напряжение 110 кВ на базе этой камеры. На рис. 5 представлен общий вид опытного образца ВДК на номинальное напряжение 110 кВ с номинальным током отключения 40 кА. Корпус камеры состоит из двух изоляторов с



Рис. 4



Рис. 5

внешним диаметром 264 мм. Для гашения дуги применяется продольное магнитное поле. В настоящее время опытные образцы камеры успешно прошли все высоковольтные испытания.

На базе вакуумной камеры на напряжение 110 кВ в ФГУП ВЭИ начата работа по созданию двухразрывного вакуумного выключателя на номинальное напряжение 220 кВ. Повышение напряжения одноразрывной ВДК выше диапазона 72,5–220 кВ требует существенного увеличения длины промежутков внутри камеры и увеличения габаритов ВДК. На рис. 6 показана зависимость среднего значения пробивного напряжения межконтактного промежутка от его длины (I — напряжение грозового импульса; 2 — амплитуда испытательного напряжения, $f = 50$ Гц). При номинальном напряжении 220 кВ требуемая длина промежутков в ВДК увеличивается настолько, что одноразрывный выключатель на напряжение 220 кВ и выше становится неконкурентоспособным с элегазовым.

Кроме того, при большой длине межконтактного промежутка требование в части электрической прочности вступает в противоречие с требованием по отключающей способности ВДК: трудно обеспечить достаточно высокое значение индукции магнитного поля в промежутке, что ограничивает отключаемый ток. Приемлемым решением для класса напряжения 220 кВ может быть вакуумный выключатель с двумя разрывами в полюсе, созданный на базе ВДК напряжением 110 кВ.

Одним из перспективных видов КРУ высокого напряжения (110–220 кВ) может стать КРУ с вакуумным выключателем и газовой изоляцией, работа над созданием которого начата в ВЭИ. Такие КРУ имеют ряд важных преимуществ перед традиционными элегазовыми — высокий коммутационный ресурс, возможность работы без подогрева, отсут-

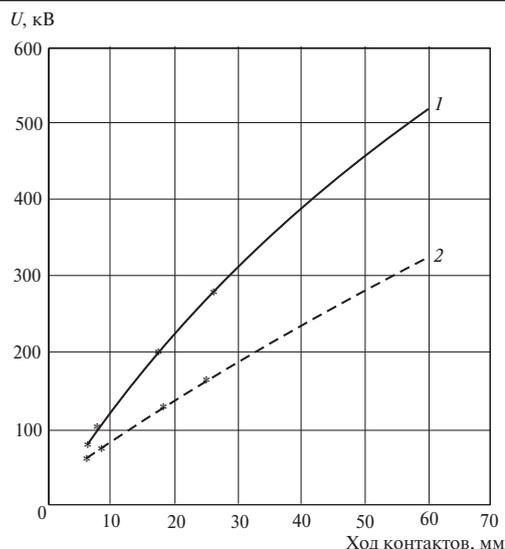


Рис. 6

ствие токсичных продуктов разложения элегаза, низкие затраты на эксплуатацию.

В последние годы началось использование вакуума не только в качестве дугогасительной среды, но и в качестве изоляции вместо элегаза. Пока такие решения используются в КРУ среднего напряжения. Так, фирма Hitachi разработала и поставила первые ячейки КРУ на напряжение 24 кВ, в которых вакуум используется в качестве изоляционной и дугогасительной среды [2]. По мнению фирмы, разработанные КРУ имеют такие преимущества, как отсутствие элегаза в КРУ, высокая надежность, компактность, совмещение функций выключателя и разъединителя. Для этого КРУ фирмой разработан специальный привод, не требующий смазки. Вопрос о целесообразности применения вакуума в качестве изоляционной среды в аппаратах на более высокие напряжения остается пока открытым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Matsui Y., Nagatake K., Takeshita M. et al. Development and Technology of High Voltage VCBs: Brief History and State of Art. — Proc. of XXII Int. Symp. on Discharges and El. Insul. in Vacuum, Matsue, 2006.
2. Sato K., Watanabe R., Hosokawa I. et al. Development of 24-kV Cubicle Type Vacuum-Insulated Switchgear (C-VIS) for Overseas Markets. — Hitachi Review, 2009, vol.58, №5.

Авторы: Белкин Герман Сергеевич окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института в 1962 г. В 1981 г. защитил докторскую диссертацию по специальности «Электрические аппараты» во Всероссийском электротехническом институте (ВЭИ). Начальник отдела ФГУП ВЭИ.

Ромочкин Юрий Геннадьевич окончил энергомашиностроительный факультет МВТУ им. Баумана в 1979 г. В 1983 г. защитил кандидатскую диссертацию по вакуумной технике. Начальник сектора ФГУП ВЭИ.