

Оразмеряване на дъгогасителна камера на автоматичен прекъсвач в лабораторен стенд за изследване на дъгогасителни процеси в газови среди

Галина Чернева, Любомир Секулов, Елена Димкина

Dimensioning Arc- Interrupting Chamber Breaker in Laboratory Stand for Testing of Arcing Processes in Gaseous Environments: Visualization and research the arc-stilling processes in different gas environments under laboratory conditions is necessary for updating and development of material and technical resources and training program on a range of school subjects for students in "Electric Power Supply and Electrical Equipment" at Todor Kableshkov University of Transport. This motivated the team of teachers and students from the school to design and create a stand for laboratory testing of these processes. This paper presents the dimensioning arc- interrupting chamber breaker in laboratory stand.

Key words: Circuit breaker, interrupting chamber, arc, circuit-breaker state

ВЪВЕДЕНИЕ

Прекъсвачите средно (СрН) и високо напрежение (ВН) са важен елемент от индустриалните електрически системи, преносните и разпределителните мрежи [1,2]. Дъгогасителните процеси в тях определят в значителна степен сигурността в работата на съответната електрическа мрежа.

В съвременните прекъсвачи [5] се използва отделна херметическа дъгогасителна камера, газовата среда в която определя бързодействието, габаритите и принципа на действие на прекъсвача. Самата дъгогасителна камера е обект на много изследвания [3,4], чрез които се оптимизира процеса на управление на налягането в камерата и се разработват цифрови методи за следене на дъгогасителните процеси.

При оразмеряване на дъгогасителната камера на прекъсвача се цели определяне на оптималните ѝ размери в съответствие с работните характеристики на дъгата. База за изследванията в настоящата работа е лабораторен стенд за изследване на дъгогасителни процеси в различни газови среди, разработен от колектив от преподаватели и студенти при Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“. В доклада са представени резултати от измерванията при дъгогасене в модифицираната камера на стенда, получени при изключване на променливо напрежение.

ТЕОРЕТИЧЕН АНАЛИЗ

Дъгогасителната среда в автоматичните прекъсвачи определя основните параметри на апарата в статичен и динамичен режим.

Изходно за анализа е уравнението за баланса на енергията, записано за дъгогасителния процес в камерата:

$$dQ_d = d(W_g m_g) + V dp, \quad (1)$$

където:

$$dQ_d = k U_d I_d dt \quad (2)$$

е енергия на дъгата, определена от напрежението U_d , тока I_d и емпиричния коефициент $k \approx 0,006$ [3];

$$W_g = C_V T \quad (3)$$

е вътрешна енергия на газа, определена от температурата T^0K и специфичния топлинен капацитет на газа C_V при постоянен обем [3]

В уравнения (1) – (3) с p , V и m_g са означени съответно налягане, обем и маса на газа, като

$$m_g = \frac{pV}{R_g T} \quad (4)$$

а C_p е коефициент на топлинно разширение [3], чрез който се изразява константата:

$$R_g = C_p - C_V \quad (5)$$

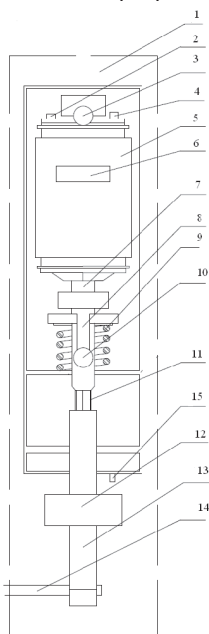
На база на зависимости (2) – (5) от (1) се получава:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{1}{C_V m_g - 1} \left(\frac{C_V m_g^2 R_g}{V} + k U_d I_d \right) \quad (6)$$

Уравнение (6) описва дъгогасителния процес в камера с газова среда.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН МОДЕЛ

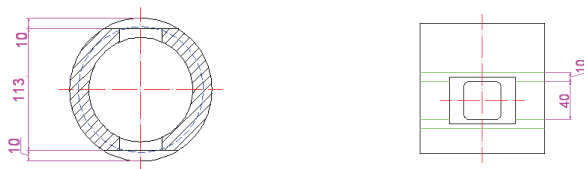
За изследване на дъгогасителните процеси в газова среда във ВТУ «Тодор Каблешков» е разработен лабораторен стенд. За основа е използван триполюсен вакуумен прекъсвач за напрежение 10 kV, едната фаза на който (фиг.1), е преобразувана за изследванията. Това е реализирано като е подменена дъгогасителната камера 5 на фазата. Изработен е нов корпус на камерата от полиамид с достатъчна електрическа якост и на него е монтирано закалено наблюдателно стъкло (фиг.2). Монтирани са и два щуцера 4 и 15, чрез които се подава газ и се измерва налягането в дъгогасителната камера.



- 1 – прекъсвач (преработена фаза)
- 2 – термосензор
- 3 – горен токов извод
- 4 – щуцер
- 5 – дъгогасителна камера
- 6 – наблюдателно стъкло
- 7 – бутало
- 8 – гъвкава токова връзка
- 9 – пружина
- 10 – долен токов извод
- 11 – регулатор
- 12 – динамометър
- 13 – изолационна щанга
- 14 – вал
- 15 – щуцер

Фиг.1 Устройство на дъгогасителната камера

На подвижната изолационна щанга 13 е монтиран динамометър 12, който измерва силите на опън и натиск, нагоре (изключване) или надолу (включване) от непоказаното пружинно и електромагнитно задвижване чрез вала 14. Горният токов извод 3 е неподвижно свързан електрически с единия полюс на контактната система в дъгогасителна камера. Долният токов извод 10, посредством гъвкава токова връзка 8, електрически контактува с буталото 7, подпряно от пружина 9.



Фиг.2. Разположение на наблюдателно стъкло върху корпуса на камерата

Чрез разработена схема за сравнителен анализ и за измерване на времето за включване и изключване на прекъсвача, се избира или преработената, или оригиналната дъгогасителна камера на прекъсвача, което дава възможност за сравнение и анализ на получените резултати.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

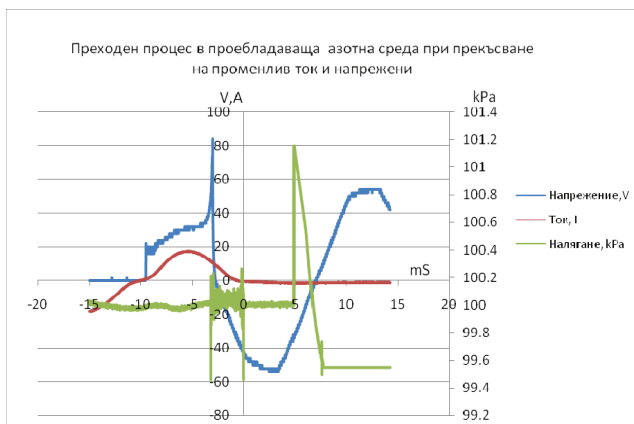
На фиг.3 графично е изобразен преходният процес при дъгогасене в кислородна среда. Продължителността на самия процес е 3ms. Налягането варира в границите от 98 до 108 kPa, като в края на процеса расте вследствие свойството на кислорода да поддържа горенето. Полученото незначително подналягане в края на преходния процес е вследствие механичното изключване на прекъсвача и увеличаване обемът на газовата среда, за сметка на подвижната контактна система.



Фиг.3. Дъгогасене в кислородна среда

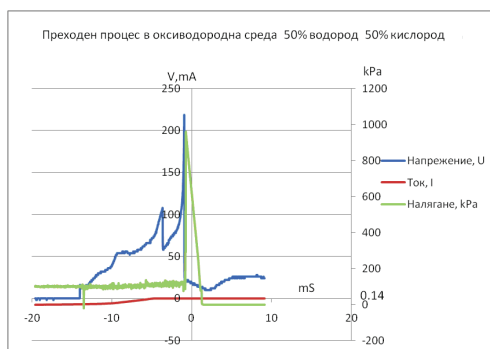
На фиг.4 е показано изменението на ток, напрежение и налягане при дъгогасене в азотна среда. Продължителността на преходния процес е 5ms. Налягането почти не се променя като варира в границите от 99 до 101 kPa, като в края на процеса се наблюдава лек спад вследствие увеличаването на обема на газовата среда при изключването на прекъсвача.

На фиг.5 е показан преходният процес в камера с 50% водород и 50% кислород. Продължителността на преходния процес е 15ms, като полученото налягане от 1080kPa, а подналягането 140 Pa с време 2.28ms.



Фиг.4. Дъгогасене в азотна среда

По време на процеса през наблюдателното стъкло на камерата се наблюдава горене на водорода в продължение на около 2 секунди, възникнало вследствие електрическата дъга. Повишеното налягане преди изключването на прекъсвача е вследствие терморазширяването на газа, причинено от горенето.



Фиг.5. Дъгогасене в камера с 50% водород и 50% кислород

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е представена модифицирана дъгогасителна камера на автоматичен прекъсвач SrH , реализирана в лабораторен стенд за изследване на дъгогасителни процеси. Чрез нея са изследвани преходни процеси при дъгогасене на променливо напрежение в газови среди с преобладаващо съдържание на кислород и на азот, както и в газова среда с еднакво съотношение на водород и кислород.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александров Ал. Електрически апарати и машини. Техника, София, 2006
- [2] Кукеков Г. А. Выключатели переменного тока высокого напряжения. Л. Энергия, 1992.
- [3] Delacroix H., A. Gleizes. Pressure transients in a self blown circuit-breaker", Eight International conference on Gas Discharges. Oxford, pp.95 -98, 1985

[4] Madhavi. A new means of measuring current close to zero in a rotating arc circuit-breaker, IEE Proc. A, no. 5, pp.226 -290, 1985

[5] Съвременни прекъсвачи средно напрежение. Сп. Енергия, 2011г.,бр.7

За контакти:

Доц. д-р Галина Петкова Чернева, Катедра “Електротехника и физика”, ВТУ “Тодор Каблешков”, тел.: +359 888498478, e-mail: cherneva@vtu.bg

Любомир Симеонов Секулов, студент спец. „Електроенергетика и електрообзавеждане”, ВТУ “Тодор Каблешков”, тел.: +359 878585813, e-mail: res_start@abv.bg

Елена Николаева Димкина, редовен докторант в катедра “Електротехника и физика”, ВТУ “Тодор Каблешков”, тел.: +359 885905290, e-mail: elena.dimkina@abv.bg

Докладът е рецензиран.