

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЪГОГАСИТЕЛНИ ПРОЦЕСИ В АВТОМАТИЧНИ ПРЕКЪСВАЧИ ПРИ ЛАБОРАТОРНИ УСЛОВИЯ

Любомир Секулов, Георги Павлов, Галина Чернева, Явор Исаев

res_start@abv.bg, g_pavlov61@abv.bg, cherneva@vtu.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков” 1574 София, ул. “Гео Милев” №158
БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: Автоматични прекъсвачи, дъгогасителни процеси, преходни процеси

Резюме: Автоматичните прекъсвачи са защитни апарати, чрез които се прекъсват токови вериги при нормални експлоатационни режими. Те могат да се класифицират по най-различни признаци: по вида на дъгогасителната камера; по начина на гасене на дъгата, по вида на дъгогасителната среда и др.

Дъгогасителната среда определя основните параметри на апарата по ИЕС в статичен и динамичен режим, които могат да включват: вътрешната изолация на прекъсвача, междуелектродното разстояние, номинална честота на изключване, пробивно напрежение между електродите в изключено състояние, минимален ток на утечка при изключен прекъсвач, времена на сработване, номинално напрежение и номинален ток.

В настоящия момент в практиката основно се използват прекъсвачи с газова дъгогасителната среда. Това са въздушни прекъсвачи с обдухване на дъгата, вакуумни прекъсвачи, газгенериращи, експанзионни и елегазови, които са едни от най-съвременните типове прекъсвачи за средно и високо напрежение.

Онагледяването и изследването на дъгогасителните процеси в различни газове среди при лабораторни условия е необходимо за осъвременяване и доразвиване на материално-техническата база и учебните програми по редица учебни дисциплини за студентите от специалност „Електроенергетика и електрообзавеждане” (ЕЕ) във ВТУ „Т. Каблешков”. Това мотивира колектив от преподаватели и студенти от Училището да проектира и създаде стенд за лабораторно изследване на тези процеси. В настоящата работа е представен идейният проект за реализацията на стенда.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Ускореното развитие на енергетиката през годините налага оптимизиране и задълбочено изследване на преходните процеси в постоянно-токови и променливо-токови мрежи. Бързодействието, габаритите и принципът на действие на устройствата за прекъсване и защита търпят промени и налагат нововъведения ежесечно от фирмите производители. Лидери в производството на прекъсвачи са Siemens, Toshiba, Hyundai, ABB []. Целта на производителя е на базата на научни изследвания и разработки да се отговори на изискванията за екология, надеждност, техническо обслужване и технически параметри на произвежданите продукти.

Основна задача на изследователските колективи е разработването на прекъсвачи с голямо бързодействие, което е от голямо значение при постояннотоковите мрежи, използвани в електрическия транспорт. Един от основните параметри, оказващ влияние на бързодействието, е дъгогасителната среда, в която се намират полюсите на прекъсвача. В съвременните прекъсвачи се използва отделна херметическа дъгогасителна газова камера, като през последните години основно се разработват два типа прекъсвачи – елегазови и вакуумни [1, 2].

В тази насока научните изследвания търпят непрекъснато развитие. През 2012 г. в световен мащаб се разработват цифрови методи за следене на дъгогасителните процеси, собственост на JIANGSU SENYUAN ELECTRICAL CO LTD, при които управлението на прекъсвачите се извършва посредством микропроцесорна система, а интерфейстът за командване и визуализация на процеса е типа “touch screen” [1]. През 2012 година е предложено решение за следене на температурата в прекъсвачите от ANHUI XINLONG ELECTRICAL CO, посредством микропроцесорна система [4]. През март 2013 е патентовано изобретение от чешката фирма Alstom Technology LTD при което се управлява налягането в дъгогасителната камера [3]. Самата дъгогасителна камера, продължава да бъде обект на изследвания и това се вижда от най-новите разработки на Siemens [5], където се цели оптимизация на контактите. Следователно изследването на дъгогасителните процеси в автоматичните прекъсвачи е проблем, който със своята актуалност определя в значителна степен сигурността в работата на електрическите мрежи. Това мотивира колектив от преподаватели и студенти при ВТУ „Тодор Каблешков” да проектира и разработи по научноизследователски проект, финансиран от университета, лабораторен стенд за изследване на дъгогасителни процеси в различни газови среди. Реализацията на стенда ще даде нови възможности на студенти и специалисти за изследване на преходните процеси при дъгогасене. В настоящата работа са представени идейният проект и основните конструктивни възли на стенда. Енергетичните показатели на газовата среда ще бъдат анализирани посредством метода, описан в [2], където основен показател е плътността на тока през изследваната среда.

2. ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА.

Средата на газовата дъгогасителна камера, наложена в енергетиката през последните години, основно е два типа:

- с “елегаз” (електрически газ), който представлява серен хексафлуорид SF₆ (sulfuric hexafluoride) [6]. Това название е дадено от руския физик Б. Гохберг., който пръв изказва предположение за потенциалното използване на SF₆ в качеството на изолационна среда за оборудване високо напрежение (ВН). През 1937 г. в General Electric се провеждат проучвания за индустриалното приложение на елегаз. Съществува информация, че първият SF₆ прекъсвач е създаден в Германия през 1938 г. [7]. Независимо от това, трима американци през 1951 г. патентоват конструкция на елегазов прекъсвач в САЩ. Счита се, че първите SF₆ прекъсвачи за индустриално приложение са се появили на пазара през средата на петдесетте години на XX век.

Този газ е много устойчив, благодарение на шестте си ковалентни връзки в молекулата. Молекулното тегло на SF₆ е 146,05, което означава, че е един от най-тежките газове. Елегазът може да се пренася в бутилки и се използва в различни отрасли на промишлеността - нефтохимическата, ядрената, електронната, металургията, в рентгенови установки, електронни микроскопи и др.

Основен недостатък на елегазовите прекъсвачи е, че серният хексафлуорид и производните му са биологически инертни газове, които не се срещат в атмосферата. В процеса на гасене на дъгата серният хексафлуорид образува много агресивни

съединения, поради което изпускането му в атмосферата в този момент е недопустимо. За да не се допусне изтичането на газа в атмосферата, елегазовите прекъсвачи разполагат с предпазна мембрана. Предназначението ѝ е, ако налягането на газа достигне много високи стойности, с цел предотвратяване на взривяването на прекъсвача, мембраната да пропусне изтичането на газа в атмосферата. Следователно, за да се осигури оптималната работа на прекъсвача, е необходимо да се поддържат характеристиките на газа в оптималните им граници. Честа практика е в редица приложения да се използват газдетектори за измерване концентрацията на серен хексафлуорид в атмосферната среда около прекъсвачите.

- С подналягане /вакуум/. Контактната система на вакуумните прекъсвачи е поставена в камера с висок вакуум. Когато контактите се разделят, започва горене на дъга в средата на металните изпарения и газове от разтопения метал на контактните тела, до момента на първото преминаване на тока през нулевата му стойност. След това дъгата угасва и проводимите метални пари кондензират върху металните повърхности в рамките на няколко микро секунди, което води до бързо възстановяване на диелектричната якост на вакуума. Свойствата на вакуумните прекъсвачи в голяма степен зависят от материала и формата на контактите им. Особено успешно решение е сплав от безкислородна мед и хром, при която токът на сръзване намалява до 2-5А.

Сред предимствата на вакуумните прекъсвачи са: пълна взриво и пожаробезопасност, възможност за осъществяване на всякакви режими на изключване, висок комутационен ресурс - електрическата якост на вакуума се възстановява с голяма скорост (до $12\mu s$), малки габарити и тегло, сравнително проста конструкция и лека експлоатация, дълъг експлоатационен срок (над 20 години), висока механична и електродинамична изнosoустойчивост при комутация на номиналния ток (десетки хиляди пъти) и тока на късо съединение (стотици пъти), пълна екологичност, автономност, възможност за работа в произволно положение в пространството, възможност за работа в агресивни среди, голямо бързодействие.

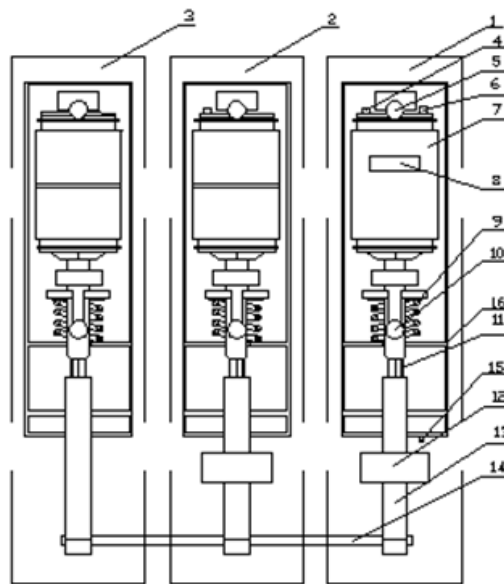
Недостатъци са високата себестойност, пълно нарушение на функциите на прекъсвача вследствие на авария във вакуумната дъгогасителна камера, силна зависимост на надеждната им работа от качествата на контактната връзка, ограничена приложимост при високи напрежения, поява на пренапрежения при комутация на малки токове.

3. ПРАКТИЧЕСКА ЧАСТ

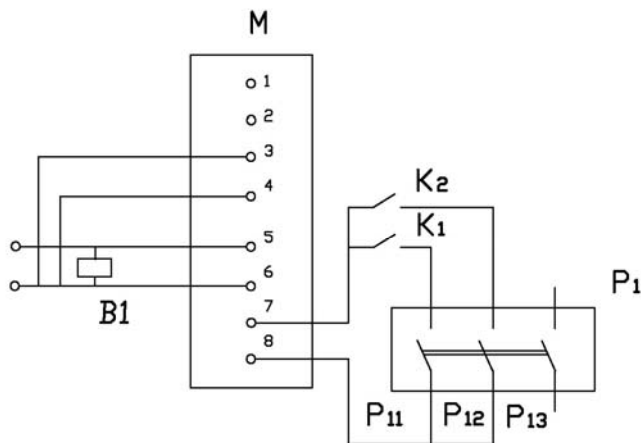
Опитна постановка, която е в основата на лабораторния стенд, представлява модифициран триполюсен вакуумен прекъсвач P_1 за напрежение 10 kV. Тя е показана на фиг.1.

Една от камерите KP_{11} е пригодена за изследвания, като са монтирани два щуцера 6 и 15. Подменен е корпусът на камерата и на него е монтирано закалено наблюдателно стъкло.

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 5 е неподвижно свързан електрически с единия полюс на контактната система в дъгогасителна камера. Долният токов извод 10, посредством гъвкава токова връзка 17, електрически контактува с буталото 18, подпряно от пружина 9. Щуцерите 6 и 17 служат за подаване на газ и измерване на налягането в дъгогасителната камера 7, KP_{11} при прекъсвач 1. За сравнение на показателите се използва камера на вакуумен прекъсвач 2, KP_{12} за средно напрежение (CpH) закрит монтаж, предназначен за монтиране в КРУ.



Фиг.1. Опитна постановка



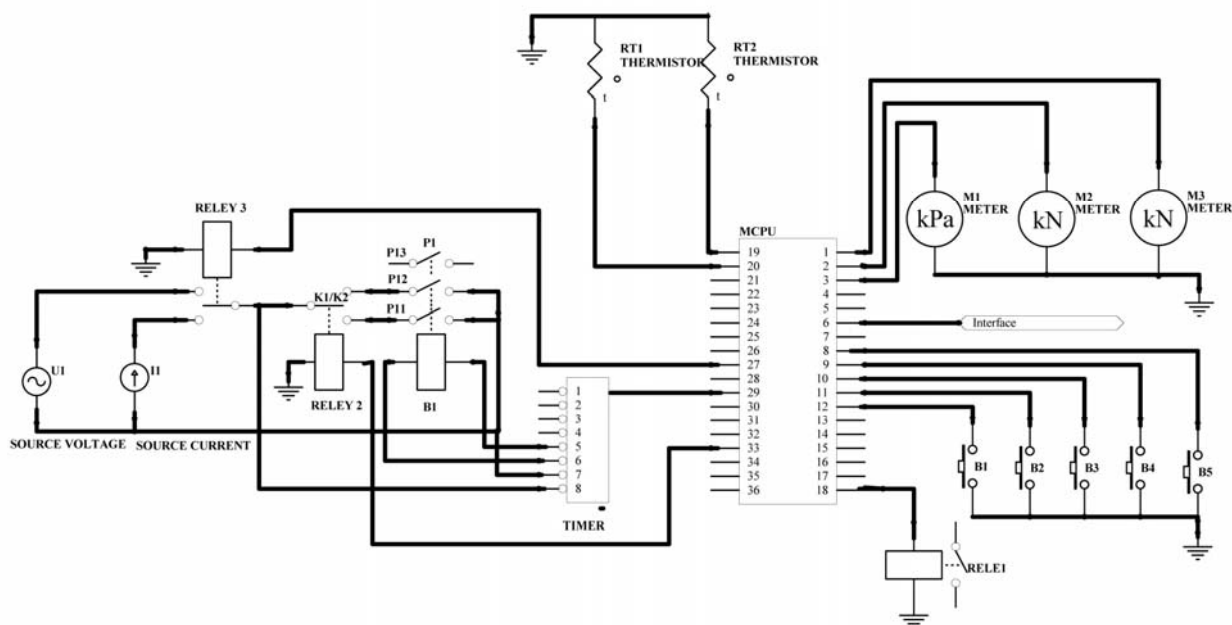
Фиг.2. Схема за сравнителен анализ

На фиг. 2 е показана схемата за сравнителен анализ и за измерване на времето за включване и изключване на прекъсвача. Чрез K_1 и K_2 се избира дъгогасителната камера, която ще се изследва. P_{11} е контактът в дъгогасителната камера, чиято газова среда ще се променя, а P_{12} е контакт, който ни служи за сравняване на измерваните резултати.

При подаване на захранване на електромагнита $B1$ се стартира хронометъра M чрез изводи 3, 4 на клеморедата на хронометъра. На изводи 5, 6 се следи за установяване на преходния процес, а на изводи 7, 8 се следи ток, напрежение, съпротивление, които се анализират посредством микропроцесорна система, показана на фиг. 3.

Управлението на прекъсвача се извършва посредством бутоните $B1-B5$ от принципната схема от фиг.3, която е неразделна част от разработвания стенд. Следят се в реално време ток, напрежение, механични усилия, налягане в дъгогасителната камера, като степента на дискретизация може да се променя в границите на (0,05-50) mS. Данните, които обработва микропроцесорът се визуализират посредством интерфейс, който не е показан на принципната схема. Това може да бъде дисплей или персонален компютър. От гледна точка на безопасността ще се изследват високи напрежения с малък ток и големи токове с малко напрежение. Превключването на източниците на ток

и напрежение ще се извършва от микроконтролерната система чрез RELEY 3. RELEY 2 ще подава захранването към еталонната или изследваната газова камера. Хронометърът TIMER също се управлява от микропроцесора. RELEY 1, ще определя налягането на газовата камера и ще пропуска газ към и от изследваната камера. Налягането ще се следи то M1, а механичните усилия на двете изолационни щанги от M2 и M3.



Фиг.3. Принципна схема за управление

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният стенд и възможностите, които той ще предостави за изследвания на преходни процеси при дъгогасене в различни газови среди, ще позволят да се анализира влиянието на надморската височина върху прекъсвачите от открит тип. Чрез лабораторния стенд ще се изследват дъгогасителните процеси в газови съединения с различни пропорции на азот, водород и кислород, както и в смес с някои инертни газове.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Intelligent vacuum circuit breaker CN20121229666 20120704 Jiangsu Senyuan Electrical Co Ltd, Bin Chen; Jianqiang Chen; Xuming Zhang.
- [2] Павлов Г., Г. Чернева, Р. Васева, Л. Секулов. Энергетически анализ производства оксигидрогена. Сп. „Мир транспорта”, бр.1, 2013 г. стр. 42-48
- [3] Circuit breaker comprising a discharge conduit WO 2013041579 (A1) — 2013-03-28 , Alstom Technology LTD, Manin Philippe
- [4] Digital temperature measuring sensor for vacuum circuit breaker CN202362084 (U) — 2012-08-01 , Anhui Xinlong Electrical Co, Longsheng Shu; Tianyi Qian; Xiaozhou Qin; Jianwei Chen; Guilin Wang; Shengbao Zhang; Huaibin Xu; Xiancai Zhang; Chunya Zhang; Jie Zhou
- [5] Circuit breaker unit-WO2013045235 (A1) — 2013-04-04 SIEMENS AG, Cernat Radu-Marian, Lehmann Volker, Nowakowski Andrzej, Cernat Radu-Marian, Lehmann Volker, Nowakowski Andrzej
- [6] Съвременни прекъсвачи средно напрежение. Сп. Енергия, 2011г.,бр.7
- [7] Елегазови прекъсвачи. Сп. Инженеринг ревю, 2011, бр.1

OPPORTUNITY FOR EXPLORE OF THE ARC-STILLING PROCESSES IN AUTOMATIC BREAKERS UNDER LABORATORY CONDITIONS

Lubomir Sekulov, Georgi Pavlov, Galina Cherneva, Javor Isaev

res_start@abv.bg, g_pavlov61@abv.bg, cherneva@vtu.bg

*Todor Kableskov University of Transport,
1574 Sofia, 158 Geo Milev St.
BULGARIA*

Key words: *automatic breakers, arc-stilling processes, transient processes*

Abstract: *The automatic breakers are protection devices, which through which break to current circuits at normal operational states. They can be classified in the different signs: the type of arc-stilling camera, in the way of the arc extinguishing, the type of the arc-stilling area and others.*

Arc-stilling area (environment) identify the basic parameters of the device according to IEC in static and dynamic mode. These parameters can include: internal isolation of the circuit breaker, distance between the electrodes, nominal frequency shutdown, drilling voltage between the electrodes in the off state, minimum leak current when switch the breaker turn off, time of reaction, rated voltage and rated current.

At present in the practice mainly using breakers with gas arc-stilling environment. These are air breakers with blowing of rainbow, vacuum breakers, gaz generates, circuit-gas, which is one of the most modern types of breakers for medium and high voltage.

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" (EE) at Todor Kableskov 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 conceptual project for the realization of the stand.