

УДК 621.318

Моделирование электрической дуги в контакторе постоянного тока с применением ПЭВМ

Белько В.В., Хверось А.Ю.

Научный руководитель – Сацукевич В.Н. к.т.н., доцент.

Электромагниты являются неотъемлемой частью электрических аппаратов. Особой областью применения электромагнитов являются электромагнитные механизмы. В них электромагниты используются в качестве привода для осуществления необходимого поступательного перемещения рабочего органа или поворота в пределах ограниченного угла, или для создания удерживающей силы. Примером подобных электромагнитов являются тяговые электромагниты, предназначенные для совершения определенной работы при перемещении тех или иных рабочих органов; электромагнитные замки; электромагнитные муфты сцепления и торможения; электромагниты, приводящие в действие контактные устройства в реле, контакторах, пускателях, автоматических выключателях; подъемные электромагниты; электромагниты вибраторов и т.п.

При работе коммутационных электрических аппаратов между их контактами может возникать электрическая дуга. Она усиливает износ контактов. По этой причине повышаются требования к материалам аппаратов и, соответственно, стоимостные показатели. При проектировании контактора возникает необходимость расчёта дугогасительного устройства (ДУ).

Одним из способов гашения дуги постоянного тока является её увеличение под воздействием магнитного поля до длины больше критической. При этом выполняется основное условие гашения дуги:

$$U_d > U_c - I \cdot R, \text{ где}$$

U_d - падение напряжения на дуге;

I - ток в цепи дуги, А;

R - активное сопротивление цепи между входными контактами аппарата, Ом;

U_c - напряжение коммутируемой цепи, В.

Электрическая дуга является своеобразным проводником с током, который может взаимодействовать с магнитным полем. Сила взаимодействия между током дуги и магнитным полем вытягивает дугу, создаётся так называемое магнитное дутьё. Контактёр постоянного тока содержащий ДУ с магнитным дутьём, создаваемым катушкой, включённой последовательно с дугой показан на рисунке 1.

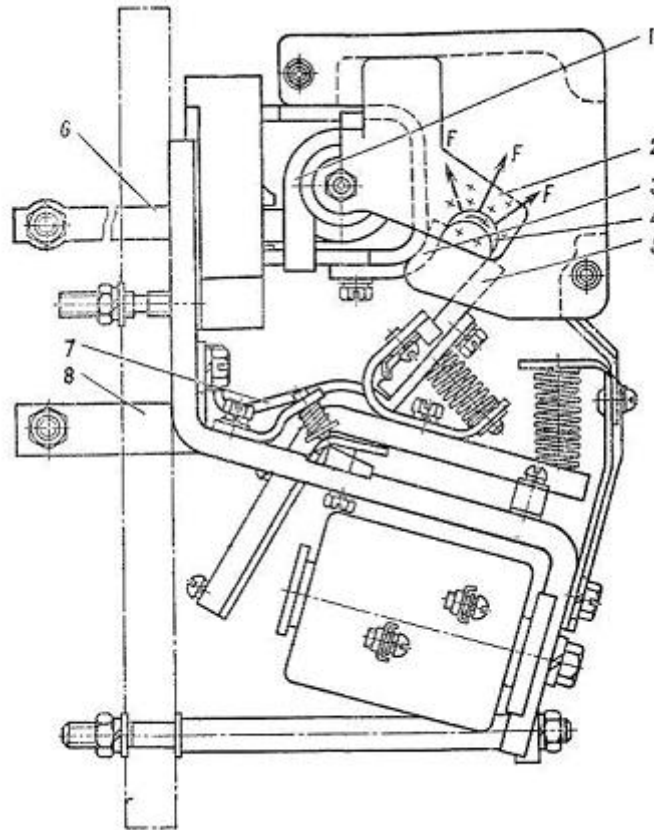


Рисунок 1. Контактор постоянного тока

Магнитное поле создаётся дугогасительной катушкой 1, включённой последовательно с коммутируемой цепью. Внутри катушки 1 размещён сердечник, соединённый с ферромагнитными полюсами в виде пластин 2. При протекании тока по катушке создаётся магнитное поле, направление которого указано крестиками. Это поле воздействует на дугу с силой F , направление которой указано стрелками. Ток протекает от входного контакта 6 по катушке 1, далее от неподвижного контакта 3 по электрической дуге 4 к подвижному контакту 5, гибкой связи 7 и выходному контакту 8. При размыкании контактов 3 и 5 между ними возникает сначала жидкий металлический мостик, а затем дуга 4. Магнитное поле, создаваемое катушкой, имеет напряжённость:

$$H = \frac{I \cdot w}{L}, \text{ А/см, где}$$

w - число витков дугогасительной катушки;

L - длина магнитной силовой линии, по которой замыкается поток дугогасительной катушки, см.

Скорость движения средней точки дуги можно вычислить по формуле [2]:

$$V_d = 41,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{H^2 \cdot I}{(1 + 0,4 \cdot H^{0,3})^2}}, \text{ см/с.}$$

В процессе движения ствол дуга изменяет свою толщину. Зависимость диаметра дуги от скорости её движения и от силы тока отражает следующая формула [2]:

$$d_d = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{I}{V_d + 20}}, \text{ см.}$$

Вытягивание дуги под действием магнитного дутья в момент времени t отражает величина H_d [2]:

$$H_{\partial(t)} = H_{\partial(t - \Delta t)} + V_{\partial(t)} \cdot \Delta t, \text{ см, где}$$

Δt - контрольный промежуток времени, с;

$H_{\partial(t - \Delta t)}$ - значение величины H_{∂} в момент времени $t - \Delta t$, см.

На основании вышеизложенных формул и на базе существующей компьютерной программы по расчёту магнитной системы контактора Contactor v3.0, была создана новая версия программы Contactor v.4.0. Данная программа позволяет смоделировать работу ДУ. Создан алгоритм, по которому определяются геометрические параметры (см. рис. 2) и существование дуги в произвольный момент времени. Погасание дуги происходит при достижении ею некоторой критической длины. Эта длина для токов до 100А может быть определена по эмпирической формуле [2]:

$$L_{\partial,кр} = 0,0042 \cdot U_{om} \cdot \sqrt{I_{om}}, \text{ см.}$$

Пользователь имеет возможность изучить процесс гашения дуги в динамике или ступенчато "подвигать" контакты. Это позволяет точно определить раствор контактов, необходимый для успешного дугогашения при заданных параметрах всей системы. Программа создана на языке программирования Visual Basic 6.0 для Windows 95/98 и выше. Представленная вашему вниманию версия продукта имеет удобный и красочный интерфейс, встроенную систему подсказок (по нажатию F1), поддерживает "горячие" клавиши. Программа разрабатывалась так, чтобы её пользователь имел возможность управления как при помощи компьютерной мыши, так и непосредственно с клавиатуры, производя при этом минимальное число нажатий.

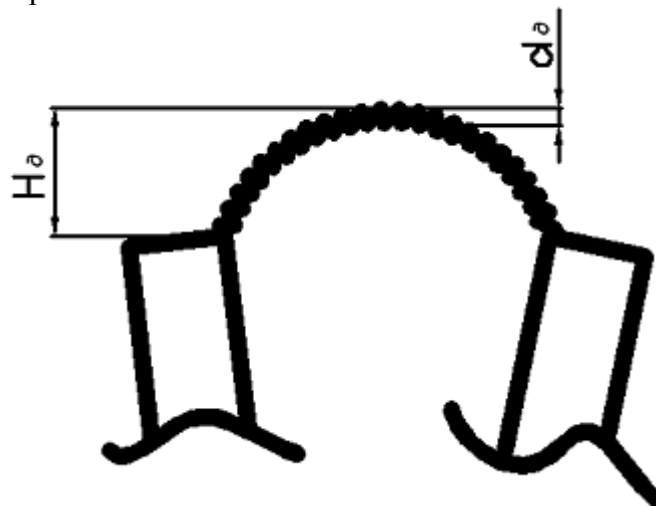


Рисунок 2. Геометрические параметры дуги

Чем больше ток, тем больше требуется длина дуги для её гашения. В процессе исследования дуги с использованием программы Contactor v.4.0 было замечено, что при малых токах около 5А дугу условия гашения дуги наихудшие. Это объясняется тем, что при малых токах используемая система последовательного включения дугогасительной катушки с дугой не создаёт достаточно сильного магнитного поля, необходимого для магнитного дутья. Однако при больших значениях тока (свыше 70А) магнитное поле быстро вытягивает дугу до критической длины, тем самым обеспечивая её погасание. Это способствует уменьшению износа рабочих поверхностей контактов.

Достоинство ДУ с последовательно включённой катушкой заключается в том, что при изменении направления тока меняет знак и магнитное поле. Сила, действующая на дугу, не изменяет своего направления. Ещё одним достоинством данной схемы является то, что через катушку проходит номинальный ток контактора. Катушка выполняется из провода большого сечения и падение напряжения на ней составляет доли вольта.

Наряду с достоинствами ДУ с последовательной катушкой имеют и недостатки. Это - недостаточно надёжное гашение дуги при малых токах (5-7А), большая затрата меди, нагрев контактов за счёт тепла в дугогасительной катушке.

Литература

1. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты: Учебное пособие для студентов вузов. М.: Энергия, 1972 – 248с.
2. Сахаров П.В. Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования): Учебное пособие для студентов электротехнических вузов. М.: Энергия, 1971 – 560с.
3. Чунихин А.А. Электрические аппараты (общий курс): Учебник для энергетических и электротехнических институтов и факультетов. М.: Энергия, 1975 – 648с.