

Рис. 1. Сезонное и годовое среднее значение активности Солнца (по величине Kp – модулю активности) в 2012 году

Анализ данных, по числу экстренных случаев сердечно-сосудистых заболеваний показывает что в 2012 г. их число составляло 9759, из них детских случаев заболевания сердечно-сосудистой системы было 20; число расстройств нервной системы составляло 2018, из них детских случаев 187.

Это позволило нам сделать вывод, о том, что величина среднего значения Солнечной активности и число сердечно-сосудистых заболеваний имеет прямо пропорциональную зависимость.

Литература.

1. Антипов В.В., Давыдов Б.И., Тихончук В.С. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. М.: Энергоатомиздат, 2002. - 177 с.
2. Госьков П.И Информационно-энергетическое воздействие токов промышленной частоты на здоровье человека /П.И. Госьков, В.Н. Беккер, Ю.А. Шапов. astu.secna/~sua/goskov.htm Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений.М., изд-во МИЭМ, 2005.– 215 с.
3. Григорьев Ю.Г. Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценки опасности). // Радиационная биология. Радиоэкология. 1997. Т37. No.4. С.690 - 702.
4. Яновский Б.М.Земной магнетизм.// Физика. Изд-во Ленинградского ун-та, 4-издание. 1978г.- 315с.
5. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 175 с.
6. Кленов Г.Е., Ломов О.П., Бубнов В.А., Свядош Е.А. Электромагнитная экологическая обстановка крупного промышленного города // Конференция "Электромагнитное загрязнение окружающей среды" (Санкт-Петербург, 21-25 июня 1993 г.). Тезисы докладов. Санкт-Петербург: Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека, 1993. С.7 - 8.
7. Любимов В.В. Искусственные и естественные электромагнитные поля в окружающей человека среде и приборы для их обнаружения и фиксации. Препринт No.11 (1127) Троицк: ИЗМИРАН, 1999. - 28 с.
8. Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей. Аналитический обзор. Препринт No.7 (1103) М.: ИЗМИРАН, 1997. - 85 с.
9. Пресман А.С. Электромагнитное поле и жизнь. М.: Наука 2003. - 215 с.
10. Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Свойства биосферы и ее внешние связи. – С.-Пб: Гидрометеиздат. 1992. Т.1. 288 с.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГЕ

*А.П. Степанов, ст. преп., Ю.В. Сотокина, инженер, Е.М. Буракова, инженер
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 7–77–62
E-mail: juliazem@bk.ru*

Рассмотрим физические процессы, происходящие при возбуждении дуги методом короткого замыкания и последующего разведения электродов. Будем рассматривать самый простейший случай – электрическую дугу постоянного тока.

При подаче разности потенциалов на анод и катод, электроды дуги можно рассматривать как обкладки плоского конденсатора [1] (рис. 1).

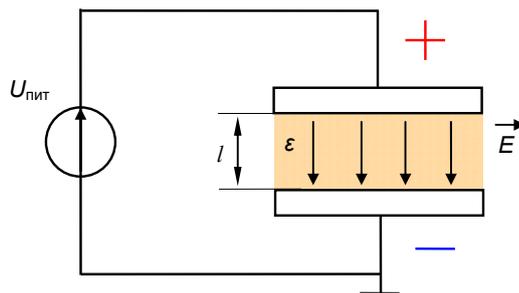


Рис. 1. Электрическое поле между электродами при возбуждении дуги

Рассмотрим электрический конденсатор, обкладки которого находятся под определенной разностью потенциалов U . Если начнем сближать обкладки, то напряженность поля внутри конденсатора, определяемая как $E = U/h$, начнет увеличиваться. Как следствие, начнет увеличиваться плотность электрической энергии:

$$w_E = \frac{\epsilon_a E^2}{2}, \quad (1)$$

со скоростью

$$\frac{\partial w_E}{\partial t} = \epsilon_a E \frac{\partial E}{\partial t}. \quad (2)$$

При сближении электродов конденсатора электрическое поле увеличивается, и ток смещения $j_c = \partial D / \partial t$ будет направлен от положительной пластины к отрицательной (рис. 2, а). При разведении электродов электрическое поле будет уменьшаться, и ток смещения направлен от отрицательной пластины к положительной (рис. 2, б).

При изменении электрического поля между электродами возникает ток смещения, т.к. согласно уравнению Максвелла изменяющееся во времени электрическое поле вызывает появление вихревого магнитного поля

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}_{\text{пр}} + \vec{j}_{\text{см}} = \vec{j}_{\text{пр}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \quad (3)$$

Направление магнитного поля будет противоположно при сближении и разведении электродов. Однако плотность тока в уравнении Максвелла является в общем случае суммой плотностей тока проводимости, тока смещения и конвективного тока

$$\text{rot } \vec{H} = \gamma \vec{E} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \rho \vec{v} + \vec{j}_{\text{см}}. \quad (4)$$

Поэтому, после разведения электродов, когда ток смещения уменьшается, начинает преобладать вклад от других токов. Это приводит к дальнейшему росту скорости изменения поля и поэтому изменения направления вихревого магнитного поля не будет, а будет происходить только увеличение напряженности вихревого магнитного поля.

Поверхность электродов имеет микронеровности. Электрическое поле у острия микронеровностей (выступов) всегда намного сильнее, чем в других местах. Это связано с тем, что радиус кривизны острия меньше, чем в других местах, поэтому поле у острия оказывается сильнее.

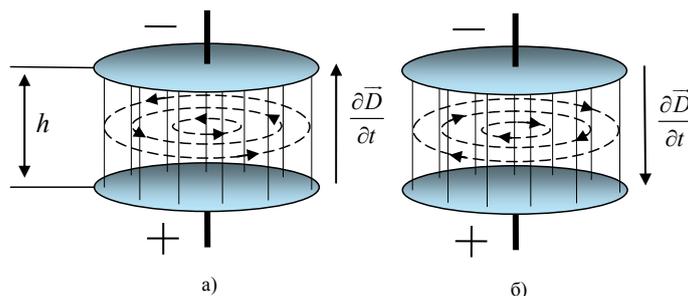


Рис. 2. Изменяющееся во времени внешнее электрическое поле

При сближении электродов резко увеличивается напряженность электрического поля между ними и с острия микронеровностей начинается автоэлектронная эмиссия. Под действием внешнего электрического поля ($10^6 - 10^8$ В/см) заряженные частицы острия микронеровностей немедленно придут в упорядоченное, направленное движение, несмотря на наличие хаотических столкновений в межэлектродном пространстве. Эти направленные потоки носителей частиц образуют ток дуги и приводят к появлению собственного магнитного поля в столбе сварочной дуги, т.к. магнитное поле неразрывно связано с током.

Электроны начинают двигаться от отрицательного электрода к положительному, а ионы от положительного электрода к отрицательному. Сталкиваясь с атомами газа, заряженные частицы вызывают их ионизацию, дальнейшее лавинообразное увеличение носителей тока. Столкновения, процессы рекомбинации и ионизации вносят определенные возмущения в данное движение, однако в данной модели процессов можно пренебречь их влиянием. Это оправдано тем, что в межэлектродном промежутке действуют очень сильные электрическое и магнитное поля, и поэтому, несмотря на столкновения, рекомбинацию и т.д., упорядоченное движение электронов и ионов под влиянием этих полей является основной ведущей тенденцией.

В соответствии с уравнением Максвелла (4), чем меньше промежуток времени Δt , т.е. чем больше скорость изменения электрического поля, тем сильнее возникающее вихревое магнитное поле. Поэтому в межэлектродном промежутке возникают очень сильное вихревое магнитное поле.

На каждую заряженную частицу, оказавшуюся в вихревом магнитном поле, будет действовать сила Лоренца, которая, как известно, не меняет энергию, скорость частиц, а изменяет направление движения частиц. Под влиянием силы Лоренца, у заряженных частиц появляется поперечная компонента скорости, направленная к центру столба. Таким образом, в результате действия вихревого магнитного поля, появляется сила Лоренца и возникает дрейф заряженных частиц (рис. 3), т.е. упорядоченное движение носителей зарядов, и значит – электрический ток [2].

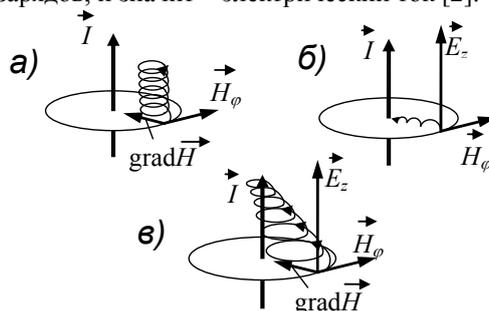


Рис. 3. Движение электрона в поле прямого проводника с током: а – чисто магнитный дрейф; б – дрейф в скрещенных электрическом и магнитном полях; в – результирующий дрейф

Качественно описать движение заряженных частиц в данном случае можно с помощью дрейфовой теории. Скорость дрейфа заряженных частиц по величине и направлению определяется по формуле [2]

$$\vec{u} = \frac{1}{2\omega H} (v_{\perp}^2 + 2v_{\parallel}^2) \left[\vec{h} \text{grad } H \right], \quad (5)$$

где \vec{h} – единичный вектор вдоль направления напряженности магнитного поля \vec{H} .

Из-за неоднородности магнитного поля движение электронов будет происходить в направлении перпендикулярном к \vec{H} и $\text{grad}H$ (рис. 3, а) [2]. Кроме этого дрейфового движения возникает также дрейф под действием электрического поля, обусловленного падением напряжения вдоль перемычки (рис. 3, б). Результирующая траектория изображена на рисунке 3, в.

Основное значение при анализе возбуждения дуги играет движение электронов, т.к. масса ионов значительно больше массы электронов [1], поэтому они обладают большой инерционностью. В результате дрейфа электронов, движущихся с острия микронеровностей, степень их упорядоченного движения будет увеличиваться, плотность тока возрастет, и напряженность собственного магнитного поля также резко увеличится, что приведет к еще большему возрастанию плотности тока, уплотнению потока электронов, формируя, таким образом, линию токопрохождения – токопроводящую «нить».

Также, между параллельными токопроводящими потоками, образованными движущимися частицами с различных микронеровностей, действует магнитная сила притяжения (сила Ампера)

$$F_M = \mu_0 \mu_r \frac{I_1 I_2}{2\pi r} l. \quad (6)$$

При одинаковом направлении тока, т.е. токов, образованных частицами одного знака, потоки будут притягиваться, при различных направлениях – потоки отталкиваются.

В итоге, совместное действие силы Лоренца и силы Ампера приводит к притяжению и закручиванию токовых нитей, образуя в месте максимальной напряженности электрического поля дуги токопроводящий канал, образованный вихревым движением заряженных частиц. Наиболее подвержены влиянию магнитного поля электроны. Ионы имеют большую массу и являются более инертными частицами. Поэтому сначала формируется электронный токопроводящий шнур, который образует основу вихревого канала проводимости в плазменном столбе электрической сварочной дуги.

При небольших токах вихревое движение плазменного столба дуги нетрудно заметить визуально. Однако с возрастанием силы тока увеличивается скорость вращения дуги, кроме этого при больших токах горения дуги также существуют вторичные эффекты: перенос электродного металла, газовые потоки и др. В этих условиях вращение столба дуги и активных пятен трудно визуально наблюдать. Тем не менее, при съемках скоростной цифровой кинокамерой «Видео-Спринт» электрической дуги переменного тока $I=150$ А с угольными электродами, на скорости 1000 к/с, отчетливо зафиксировано вращение плазменного столба электрической дуги (рис. 4).

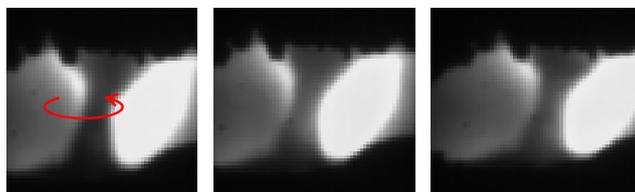


Рис. 4. Вращение столба электрической дуги $I = 150$ А

Из теории вихрей известно следующее определение: вихревое движение – это движение жидкости или газа, при котором их малые элементы (частицы) перемещаются не только поступательно, но и вращаются около некоторой мгновенной оси (рис. 5).

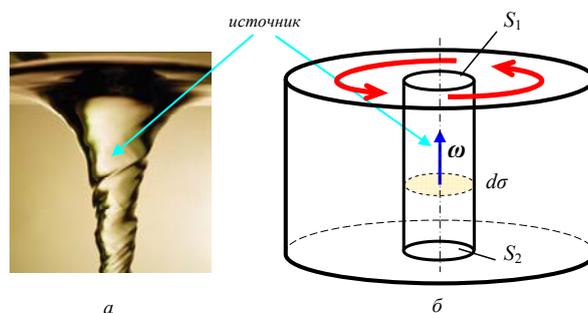


Рис. 5. Вихревое движение жидкости (газа)

Как следует из проведенных экспериментов, при горении электрической дуги существует вращательное движение заряженных частиц столба вокруг своей оси. При этом происходит также поступательное движение частиц по направлению к электродам. Значит, при горении электрической дуги происходит вихревое движение заряженных частиц и, следовательно, электрическая дуга является физическим объектом с вихревой структурой. Согласно вихревой теории вихрь имеет всегда свой источник [3] и, значит, электрическая дуга также должна иметь источник вихревого движения, которым является спиральный токопроводящий канал, формирующийся при возбуждении электрической дуги.

Литература.

1. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. – М.: Машиностроение, 1970. – 335 с.
2. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. – М.: Наука, 1978. – 225 с.
3. Жуковский Н.Е. Основы вихревого движения // Собрание сочинений. Т.7. – М.-Л.: Гостехиздат, 1950. С.132–149.