

Изобретение относится к высоковольтной технике, в частности, к устройствам электропитания ускорителей заряженных частиц.

В высоковольтных ускорителях прямого действия, кроме создания высокого напряжения (100-1000 кВ) на ускорительной трубке, необходимо иметь внутри высоковольтного электрода низковольтное напряжение достаточной мощности (1-20 кВт) для питания источника заряженных частиц, двигателей вакуумных насосов, отклоняющего магнита и другого оборудования, находящегося под высоким потенциалом.

Известно устройство электропитания ускорителя прямого действия, являющегося инжектором линейного ускорителя ионов [1]. Устройство содержит высоковольтный трансформатор, обеспечивающий питание ускорительной трубки. На высоковольтном электроде ускорителя прямого действия под высоким потенциалом находятся узлы, потребляющие низковольтную энергию (в частности, источник ионов), питание для которых поступает через разделительный трансформатор.

Такое конструктивное решение устройства электропитания приводит к плохим весогабаритным характеристикам, к большой занимаемой площади, и высокой себестоимости, поскольку для получения низковольтного напряжения необходимо дополнительно к высоковольтному трансформатору использовать разделительный трансформатор.

В качестве прототипа принято устройство электропитания для ускорителя прямого действия, состоящее из высоковольтного электрода и высоковольтного каскадного трансформатора, включающего n автотрансформаторов (каскадов), каждый из которых имеет обмотку с отдельными входными и выходными отводами [2]. Выходные отводы первого каскада соединены с входными отводами второго каскада, и т.д. Полное высоковольтное напряжение получается путем сложения напряжения на каскадах и позволяет уменьшить электрическую нагрузку на изоляцию трансформатора, распределив ее по каскадам, облегчить его изготовление.

Недостатком прототипа является то, что в нем для одновременного обеспечения высокого напряжения на ускорительной трубке и низковольтного напряжения для узлов на высоковольтном электроде (в частности, для источника ионов) необходимо использовать дополнительные устройства, например, разделительный трансформатор или систему: двигатель, изоляционный вал, генератор и др., что ухудшает весогабаритные характеристики, повышает стоимость и ухудшает условия эксплуатации.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является усовершенствование конструкции устройства электропитания. В результате решения задачи должны быть уменьшены весогабаритные параметры устройства, снижена его стоимость и улучшены условия эксплуатации. При этом необходимо полностью сохранить его функции: создание высокого напряжения, обеспечение низковольтным напряжением достаточной мощности узлов, находящихся на высоковольтном электроде.

Задача решается тем, что в устройстве электропитания ускорителя прямого действия, содержащего n каскадов автотрансформаторов с обмотками, имеющими отдельные входные и выходные отводы и высоковольтный электрод, согласно изобретению, в каждый каскад введена дополнительная обмотка, идентичная основной, слои которой чередуются со слоями основной обмотки, а в последнем каскаде дополнительная обмотка через трансформатор подключена к высоковольтному электроду.

Благодаря наличию n каскадов автотрансформаторов с обмотками, имеющими отдельные входные и выходные отводы, на высоковольтном электроде создается высокое напряжение. Дополнительные обмотки в каждом каскаде позволяют передать на него низковольтную электрическую мощность. Чередование в каждом каскаде слоев основной и дополнительной обмоток обеспечивает одинаковые индуктивности рассеяния этих обмоток, что уравнивает падения напряжений на них. Это предотвращает появление уравнивающих токов в контуре, состоящем из основных и дополнительных обмоток, источников подаваемой мощности и электропотребителей на высоковольтном электроде.

Таким образом, усовершенствование конструкции устройства позволяет обойтись без дополнительных узлов для передачи низковольтной мощности на высоковольтный электрод. Это в 1,5-2 раза улучшает весогабаритные характеристики устройства, повышает его надежность и удобство при эксплуатации по сравнению с известными устройствами электропитания ускорителей прямого действия.

Сущность изобретения поясняется принципиальной электрической схемой устройства.

Возможность осуществления изобретения обосновывается на примере устройства электропитания ускорителя прямого действия, имеющего параметры:

напряжение в импульсе	350 кВ
ток в импульсе	1 А
длительность импульса	1 мс
частота следования импульсов	50 Гц
подаваемая низковольтная мощность	5 кВт
низковольтное напряжение	220 В

Это устройство состоит из трех каскадов, собранных по автотрансформаторной схеме. Для запитки по высокому напряжению предназначен модулятор, имеющий на выходе 50 кВ (на чертеже не показан). Каждый каскад имеет сердечник сечением $S_c=200 \text{ см}^2$ и две обмотки с отводами 1, 2, 3, 4 (основная) и 5, 6, 7, 8 (дополнительная), намотанные через слой по 2000-2000-2000 витков провода ПЭВ2 Ø 0,86/0,95 на двух катушках, расположенных на противоположных стержнях. Для уменьшения индуктивности рассеяния обмоток каждый слой одной катушки соединен перемычкой с аналогичным слое второй катушки. Слои основной и дополнительной обмоток чередуются. Отводы 1, 2 основной обмотки первого каскада предназначены для подачи напряжения на устройство. Отводы 3, 4 основной обмотки первого каскада соединены с отводами 1, 2 основной обмотки второго каскада; отводы 3, 4 основной обмотки второго каскада соединены с отводами 1, 2 третьего каскада. Аналогично соединены отводы дополнительных обмоток: отводы 7, 8 дополнительной обмотки первого каскада соединены с отводами 5, 6 дополнительной обмотки второго каскада и т.д. Последний каскад имеет высоковольтный электрод 9, выполненный из полированного алюминия, с целью устранения электрических

пробоев и короны. Внутри высоковольтного электрода 9 располагается источник частиц и другое оборудование или эти электропотребители выносятся в другой высоковольтный электрод, соединенный с первым. Трансформаторы Тр.1 и Тр.2 служат для выбора величин низковольтной мощности. Их может и не быть.

Рассмотрим работу устройства. На отводы 1 и 2 основной обмотки первого каскада подается входное напряжение возбуждения U_1 . С отводов 3, 4 его основной обмотки напряжение поступает на отводы 1, 2 основной обмотки второго каскада и т.д. Общее напряжение основных обмоток n каскадов складывается из напряжений отдельных каскадов. Пусть число витков между отводами 1, 2; 2, 3; 3, 4 одинаково, тогда напряжение на основной обмотке первого каскада будет $3 U_1$, а вместе со вторым каскадом - $5 U_1$, и вместе с третьим каскадом - $7 U_1$. Сложение напряжений на дополнительных обмотках происходит аналогично. В итоге суммарные напряжения на обеих обмотках получаются одинаковыми, и контур, образованный обмотками, источником питания низковольтной мощности и электропотребителем, не дает уравнивающих токов. Здесь напряжение для питания низковольтной мощностью электропотребителей на высоковольтном электроде поступает на выводы 1, 5 основной и дополнительной обмоток первого каскада и снимается с выводов 4, 8 основной и дополнительной обмоток третьего каскада.

Для получения высоковольтного напряжения в рассматриваемом примере на выводы 1, 2 основной обмотки первого каскада подается напряжение $U_1=50$ кВ, которое возбуждает трансформатор и на отводах 1, 4 получается напряжение 150 кВ. С отводов 3, 4 напряжение 50 кВ подается на отводы 1, 2 второго каскада, на котором на отводах 1, 4 также получается напряжение 150 кВ. Аналогично работает и третий каскад. Общее напряжение на высоковольтном электроде складывается из напряжений на основных обмотках каскадов: $150+100+100=350$ кВ. Аналогичные процессы происходят и на дополнительных обмотках, возбуждаемых также с отводов 1, 2 основной обмотки. Низковольтная мощность передается гальванически, поступая на отводы 1, 5 основной и дополнительных обмоток первого каскада и снимается с отводов 4, 8 тех же обмоток третьего каскада. Трансформаторы Тр.1 и Тр.2 служат для уменьшения тока передаваемой мощности путем подъема коэффициента трансформации и, в конечном счете, для уменьшения сечения проводов обмоток.

Следует также отметить, что такое конструктивное решение можно удачно реализовать в многофазную, в частности, трехфазную систему.

