

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И РАСПОЛОЖЕНИЯ СТУПЕНЕЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО НАСОСА

Институт прикладной физики АНМ,

ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова, mbologa@phys.asm.md

Одним из перспективных способов транспорта газообразных и жидких диэлектрических сред является использование электрического поля. Устройства, в которых электрическая энергия преобразуется в механическую, называются ЭГД-насосами (преобразователями) [1–3] и отличаются отсутствием движущихся частей, простотой конструкции, повышенным ресурсом и экономичностью. Известны различные конструкции ЭГД-насосов, однако возможности одноступенчатой модели (образованная в большинстве случаев двумя или тремя электродами) ограничены как в части создаваемого напора, так и расхода перекачиваемой диэлектрической жидкости.

Поэтому в зависимости от необходимых выходных характеристик одноступенчатые ЭГД-преобразователи устанавливаются параллельно и последовательно. Наиболее приемлемы для этих целей конструкции с тремя стержневыми (проволочными) электродами, позволяющие легко улучшить расходные характеристики преобразователя за счет их параллельного размещения, образующие электроды-решетки, расположенные друг против друга. Повышение напора достигается с помощью многоступенчатого насоса, состоящего из электродов-решеток [4]. Но при этом возникают дополнительные факторы, в частности взаимное влияние ступеней, оказывающие существенное воздействие на эффективность работы устройства.

В связи с этим цель данной работы – исследование влияния расстояния между ступенями и гальванически развязанных источников напряжения на характеристики многоступенчатого преобразователя.

Исследования проводились на установке, состоящей из прямоугольной емкости, заполненной рабочей средой – трансформаторным маслом электропроводностью $\sigma = 0,9 \cdot 10^{-11} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, в которой установлен двухступенчатый ЭГД-насос (рис. 1). Ступени 1 и 2 размещены в прямоугольном корпусе 3 из органического стекла. Каждая ступень состоит из двух электродов – эмиттера и коллектора, выполненных в виде решеток из натянутых на прямоугольной диэлектрической оправе (изготовленной из ударопрочного полистирола) параллельно друг другу, проводов с определенным шагом. На провода эмиттера нанесены изоляционные покрытия с перфорациями со стороны коллектора. Электроды ступеней склеены между собой с зазором $d = 2 \text{ мм}$. Первая ступень 1 (рис. 1) приклеена к корпусу 3 и неподвижна. Ступень 2 склеиванием соединена с выходным патрубком 4 насоса и может перемещаться вдоль прямоугольного канала, образованного корпусом 3. В боковой стенке корпуса сделаны пазы 5 и 6 для перемещения токоподводов при изменении расстояния l между ступенями. Последнее определялось с помощью делений, нанесенных на боковой стенке корпуса 3.

Выходной патрубок насоса соединен с пьезометром 7, предназначенным для измерения давления (напора), создаваемого насосом. Высокое напряжение подавалось от двух высоковольтных источников, один из которых запитывался от аккумулятора, а другой от сети 220 В.

Эксперименты проводились при нулевом расходе, что позволило достоверно выявить влияние различных факторов на работу ЭГД-преобразователя.

Зависимости напорной характеристики двухступенчатого насоса от типа используемого высоковольтного источника представлены на рис. 2. В случае подключения обеих ступеней к одному источнику, напорная характеристика насоса (кривая 2, рис. 2) пропорциональна давлению создаваемой одной ступенью (кривая 1, рис. 2), умноженной на коэффициент $k \sim 1,4$. Это объясняется тем, что между эмиттером Э_2 (рис. 1) и коллектором K_1 возникают под действием электрического поля силы кулона, которые действуют на ионы, не рекомбинировавшие на коллекторе K_1 , создавая дополнительное сопротивление основному потоку рабочего вещества. Значительно слабее влияние

этих сил при подключении ступеней к отдельным высоковольтным источникам, гальванически развязанных друг с другом (кривая 3, рис. 2). При этом напорная характеристика двухступенчатого насоса улучшается почти в два раза ($k \approx 1,93$). Однако некоторое взаимное влияние ступеней сохраняется за счет поляризационных эффектов.

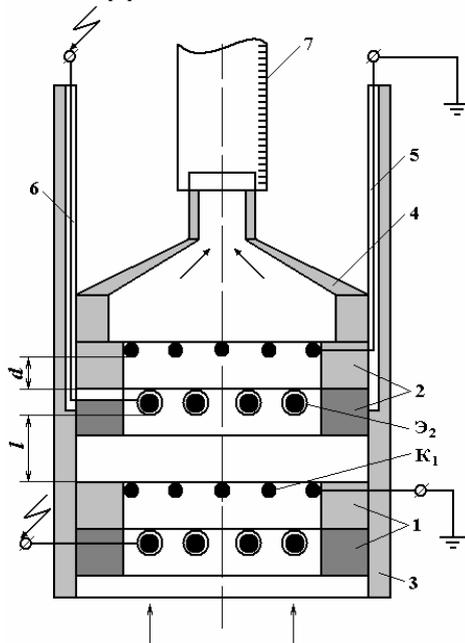


Рис. 1. Двухступенчатый электрогидродинамический насос

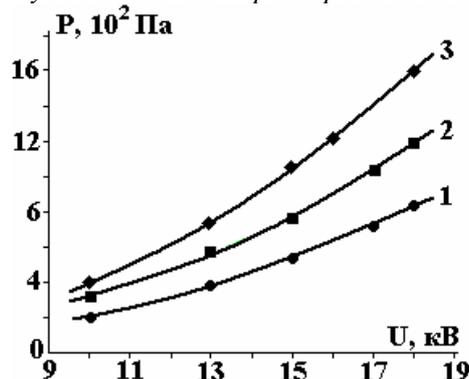


Рис. 2. Зависимость напора от разности потенциалов между электродами: 1 – одна ступень; 2 – две ступени; 3 – две ступени, подключенные к гальванически развязанным источникам высокого напряжения; $d = 2$ мм, $l = 2$ мм

Взаимодействие ступеней может быть снижено также за счет увеличения расстояния между ними (рис. 3). При этом практически отсутствует зависимость напора от l при низком напряжении (кривая 1). С повышением напряжения зависимость $P = f(l)$ до $l = 7$ мм становится круче (кривые 2 и 3), что свидетельствует об усилении взаимного влияния ступеней. В дальнейшем давление достигает стационарного состояния и в диапазоне $l = 8-14$ мм не изменяется. Следовательно, при $l \geq 8$ мм ступени не взаимодействуют и напор двухступенчатого насоса становится равным алгебраической сумме давлений, создаваемых каждой ступенью в условиях одноступенчатого преобразователя.

В целях выяснения эффективности использования гальванически развязанных источников в насосах со ступенями более двух дополнительно к существующим установлены две ступени. Схема подключения электродов ступеней ЭГД-преобразователя показана на рис. 4. Полученные зависимости (кривые 1 и 2, рис. 5) свидетельствуют о снижении влияния гальванически развязанных источников на характеристику четырехступенчатого насоса. Повышение напора составляет не более 10% от давления, создаваемого насосом, подключенным к одному источнику (кривая 1, рис. 5). С ростом l , в частности при $l = 4$ мм, гальваническая развязка источников не оказывает влияние на выходную характеристику насоса (кривая 3, рис. 5). Но последняя изменяется при увеличении зазора l_1 между второй (начало отсчета от нижней ступени, рис. 4) и третьей ступенями (кривая 1 и 2,

рис. 6). На расстоянии $l_1 = 8$ мм ступени 3, 4 практически не влияют на ступени 1, 2. Использование гальванически развязанных источников снижает взаимодействие между третьей и четвертой (1-й и 2-й) ступенями, что повышает давление, создаваемое насосом, на 20% (при $U = 22$ кВ).

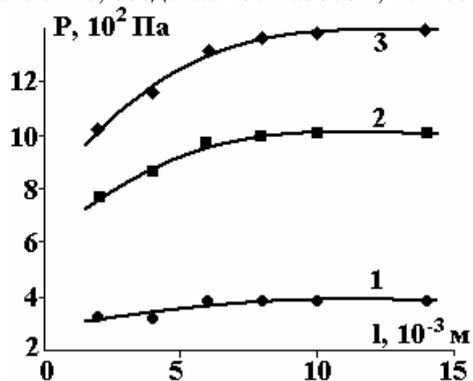


Рис. 3. Зависимость напора от расстояния между ступенями в двухступенчатом насосе при различных напряжениях, U , кВ: 1 – 10; 2 – 15; 3 – 17

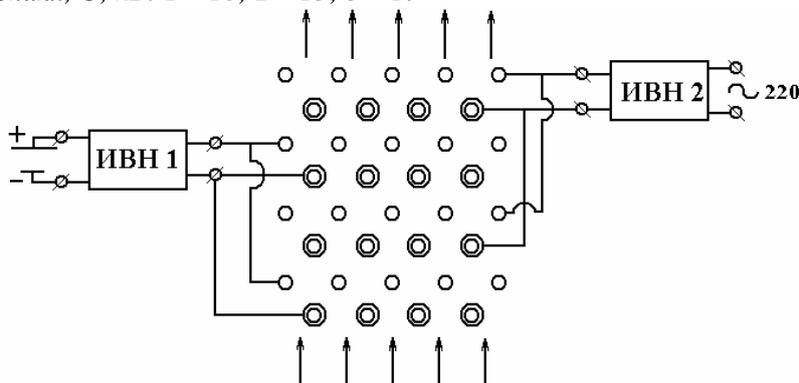


Рис. 4. Схема подключения электродов насоса к источникам высокого напряжения

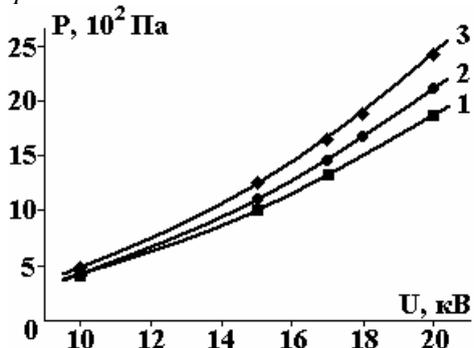


Рис. 5. Зависимость напора от разности потенциалов между электродами при различных способах соединения электродов с источниками напряжения; 1, 3 – к одному источнику; 2 – согласно рис. 4

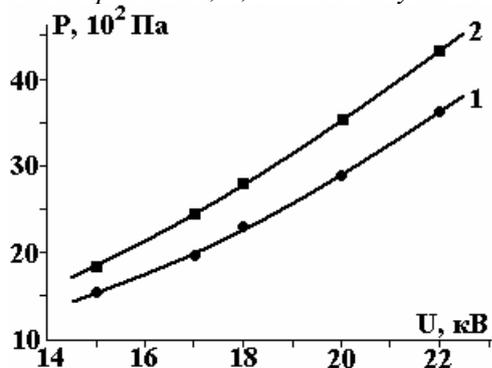


Рис. 6. Зависимость напора от разности потенциалов при различных способах соединения электродов с источниками напряжения; $d = 2$ мм, $l = 2$ мм, $l_1 = 8$ мм, $\sigma = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$: 1 – к одному источнику; 2 – согласно рис. 4

Таким образом, применение гальванически развязанных источников эффективно при зазорах между ступенями, сравнимых с межэлектродным расстоянием, и количеством ступеней не более двух. Оптимальное расстояние между ступенями насоса, подключенного к одному источнику напряжения, составляет 8 мм (в исследованном диапазоне напряженности электрического поля), что сказывается на размерах преобразователя. Поэтому целесообразно с точки зрения уменьшения геометрических параметров многоступенчатого насоса использование гальванически развязанных источников и разнесение отдельных или групп ступеней на расстояние, близкое к оптимальному.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Денисов А.А., Нагорный В.С.* Электро- и электрогазодинамические устройства автоматики. Л.: Машиностроение, 1979. 228 с.
2. *Рубашев И.Б., Бортников Ю.С.* Электрогазодинамика. М.: Атомиздат, 1971.
3. *Стишков Ю.К., Остапенко А.А.* Электрогидродинамические течения в жидких диэлектриках. Л., 1989. 176 с.
4. *Bologa M.K., Kojevnikov I.V., Kozhuhari I.A.* Multistage electrohydrodynamical pump // Annual of Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. 2000. Vol. 1. P. 57–60.

Поступила 22.07.09

Summary

The results of investigation of the influence of geometric parameters of the gap between stages and galvanically isolated high voltage sources on the characteristics of multistage electrohydrodynamic pump are presented. The optimum distance between stages, at which their mutual influence, appearing due to Coulomb forces between neighboring electrodes of different stages is practically absent, was found. It was shown that analogous results can be obtained in conditions of galvanically isolated high voltage sources when the distances between stages are comparable with interelectrode gap in a stage. This fact will contribute to the reduction of multistage pump dimensions.
