

Опубликовано по п.20 Приложения №1  
**ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЁТ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ  
МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОЛИТНОГО НАСОСА**

Вергинский П.А. г.Усолье – Сибирское

pavel-35@mail.ru

I. Краткое магнитодинамическое введение.

Как выяснилось, объективно-историческая ошибка в направлении силовой характеристики электромагнитного взаимодействия токов, привнесенная опытами Х. Эрстеда и вошедшая в фундаментальную систему уравнений Максвелла /1/, значительно затруднила технические решения в электротехнике /2/.

Действительно, самоочевидный вывод магнитодинамики /3/ об электромагнитной индукции при изменении магнитного натяжения вблизи проводника с изменением тока во времени :

$$T = \frac{I}{2pr} \quad , \quad (1)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2pr} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2pr^2} \frac{dr}{dt} \quad (2)$$

в традиционном электродинамическом анализе можно получить лишь путем длительных преобразований по избавлению из выражений самой величины силовой характеристики - магнитной напряженности  $H$  через многоэтапные замены переменных параметров, заранее зная на основании эмпирического закона Фарадея о существовании такой величины – электродвижущей силы электромагнитной индукции. То есть, если в законе Фарадея :

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

принять во внимание, что

$$\Phi = B \cdot S \quad , \quad (4)$$

где

$$B = \mu H \quad , \quad (5)$$

а по закону Био – Савара –Лапласа

$$H = \frac{I}{2pr} \quad , \quad (6)$$

то можно величину ЭДС выразить:

$$E = -A \frac{d}{dt} \left( \frac{I}{r} \right) \quad (7)$$

обозначив через константу  $-A$  все постоянные коэффициенты всех предыдущих преобразований.

Тогда лишь, выполнив дифференцирование выражения (7), получим, что

$$E = -A \left( \frac{1}{r} \cdot \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2pr^2} \cdot \frac{dr}{dt} \right) \quad (8)$$

Как видим, выражение (8) с учетом конкретных параметров магнитной среды и правила Ленца, выражаемых константой  $-A$  полностью аналогично нашему выводу (2) на основе магнитодинамики /1/.

К сказанному по выражениям для ЭДС электромагнитной индукции (2) и (8) можно добавить, что величина ЭДС состоит из двух частей :

$$E = E_1 + E_2 \quad , \quad (9)$$

где :

$$E_1 = -A \frac{1}{r} \frac{dI}{dt} \quad (10)$$

и 
$$E_2 = -A \frac{I}{2\pi r^2} \bullet \frac{dr}{dt} \quad (11)$$

Ясно, что  $E_1$  возникает вследствие изменения тока  $I$  со временем, а  $E_2$  возникает в результате взаимодействия вторичного тока  $I_2$  с первичным  $I_1$  при изменении расстояния между ними.

Данное обстоятельство, выраженное в зависимости (8) необходимо отметить здесь особенно. Дело в том, что с позиций классической электродинамики эта функциональная зависимость не является самоочевидной, а нами выше она выявлена уже по заранее эмпирически известному выводу (3). Но зависимость ЭДС от  $(\frac{1}{r^2})$  означает принципиальную возможность создания сверхвысоких напряжений в непосредственной близости от первичных проводников с переменными токами. Так, например, электролиты, проводимость которых на 5–6 порядков меньше проводимости металлических проводников, традиционной электротехникой не рассматриваются в качестве возможных электрических цепей.

Вместе с тем, из выражения (11) непосредственно следует, что при погружении первичной обмотки в электролит возможно образовать в нем значительные токи и, следовательно, вызвать заметные электромагнитные (см. патенты РФ №2041779, №2026768 и др.) электромеханические (см. патенты РФ (№ 1424998, №1574906 и др.) или электрохимические (см. патенты РФ №2147555, № 2197550 и др.) эффекты /1/.

## II. Обоснование работы магнито-динамического электролитного насоса.

Одним из ярких примеров оптимизации привода на основе магнитодинамического представления являются технические решения в области насосостроения и запорно-регулирующей аппаратуры, реализованные в изобретениях автора. Известно, что уже в начале XX века промышленность поставила ряд важных проблем перед насосостроением, к настоящему времени из которых не нашли своего полного разрешения задачи обеспечения коррозионной стойкости и высокой надежности работы насосных установок, так как эти характеристики почти полностью определяются надежностью подшипников приводных механизмов.

Поиск разрешения этих технических противоречий в насосостроении продолжается уже в условиях более жестких требований, чем они предъявлялись в начале XX века, так как современное насосное и запорно-регулирующее оборудование работает в агрессивных рабочих средах с напорами и производительностью, о которых не знали инженеры прошлого века.

Повысить надежность работы насосных установок оказалось возможным путем отказа от использования подшипников в насосном оборудовании вообще, что вполне реально для магнитодинамического привода, в котором

оказалось принципиально возможным непосредственное преобразование электроэнергии в механическую работу рабочего органа.

II-1. Устройство магнито-динамического электролитного насоса по заявке № 5059437 / 06 /3/.

Насос предназначен для перекачивания агрессивных электропроводящих сред и может быть использован в металлургии, энергетике, химической и т.п. областях промышленности.

Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является повышение надежности работы и сроков эксплуатации при сохранении высокой производительности в условиях агрессивности перекачиваемых рабочих сред.

Изобретение поясняется чертежами:

На рис. 1-а) показана схема подключения насоса к блоку электропитания и в гидромагистраль.

На рис. 1-б) – соединение половины вида с половиной разреза корпуса насоса.

На рис. 1-в) - вид торца насоса с частичным вырезом по А – А на рис. 1-б).

На рис. 1-г) - диаграмма величины магнитного потока развертки поверхности магнитопровода со временем его изменения вдоль образующей цилиндрической поверхности корпуса насоса.

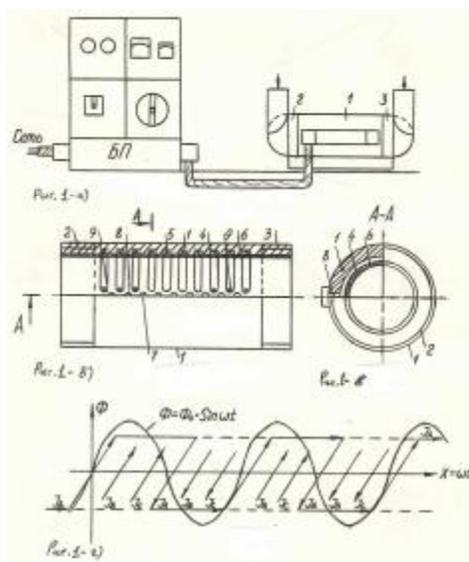


Рис.1. (Рис. 1 по источнику /3/ )

Насос содержит трубчатый корпус-магнитопровод 1, по концам которого выполнены резьбовые сгоны 2 и 3 для присоединения типовых штуцеров входа и выхода насоса в гидромагистраль, а на внутренней поверхности выполнены кольцевые пазы 4. В пазах 4 размещена трехфазная зигзагообразная обмотка 5, закрытая щитками 6, например, с помощью клинового крепления.

Лобовые участки 7 зигзагов обмотки 5 размещены в продольном, общем для всех зигзагов, пазу 8 на внутренней поверхности корпуса 1, от которого выполнены выводы 9 начал и концов каждой фазы А, В, С обмотки 5. Электропитание насоса осуществляется с помощью типового блока электропитания, содержащего типовые преобразователь частоты и переключатель фаз напряжения при необходимости регулирования производительности и направления гидротока в магистрали.

## II-2. Принцип действия и работы насоса :

При включении электропитания на трехфазную зигзагообразную обмотку 5 каждая ее фаза создает магнитный поток, величина которого может быть выражена :

$$\Phi_a = \Phi_o \cdot \sin wt \quad (12-a)$$

$$\Phi_b = \Phi_o \cdot \sin(wt + 120^\circ - 120^\circ) = \Phi_o \cdot \sin wt \quad (12-b)$$

$$\Phi_c = \Phi_o \cdot \sin(wt + 240^\circ - 240^\circ) = \Phi_o \cdot \sin wt \quad (12-c)$$

В результате суперпозиции этих фазных магнитных потоков вблизи внутренней поверхности корпуса насоса образуется общий магнитный поток величиной :

$$\Phi_{\text{общ}} = 3\Phi_o \sin wt \quad (12)$$

Таким образом, вдоль образующей цилиндрической поверхности внутри корпуса создается бегущая волна магнитного поля, амплитуда которой  $3\Phi_o$  смещается с течением времени на величину :  $j = wt$  (13)

В результате в электропроводящей рабочей среде индуцируется асинхронный короткозамкнутый ток, который увлекается за бегущей волной магнитного поля вместе с рабочей средой, что и приводит к образованию гидротока по каналу насоса в направлении порядка следования фаз напряжения на фазах обмотки 5 насоса.

Так как по каналу насоса предотвращаются помехи гидротоку, а взаимодействие магнитного поля с рабочей средой предотвращает деформации корпуса и абразивное трение частиц рабочей среды по внутренней поверхности корпуса, то этими обстоятельствами и обеспечиваются высокая надежность работы насоса и длительные сроки его эксплуатации при низком гидравлическом сопротивлении. При этом осуществляется возможность изменения направления гидротока путем переключения порядка следования фаз напряжения на фазах обмотки с помощью коммутационной аппаратуры.

Так как электропроводность электролитов различается в широких пределах в зависимости от состава, концентрации, температуры рабочей среды и частоты тока, то необходимым требованием к блоку электропитания насоса является наличие преобразователя частоты, например, тиристорного типа и др.

По заявке № 5059437/06 автором получено решение Роспатента о выдаче патента на изобретение «Магнито-динамический электролитный насос».

### III. Расчет параметров конструкции насоса.

III-1. Основные положения и исходные данные на проектирование опытно-конструкторской модели насоса.

Как это следует из М П К данного изобретения /3/, разработка носит пионерский характер, что предъявляет особые требования к процессам проектирования и конструирования данной опытно-конструкторской модели насоса.

Прежде всего, данное обстоятельство свидетельствует об отсутствии разработанных методик проектирования и конструирования, аналогичных изложенным в многочисленных курсах расчета, проектирования и конструирования электрических машин и аппаратов. Как это ясно из описания устройства работы насоса, изложенного выше, по существу физических процессов мы имеем дело с трансформатором, первичная обмотка которого выполнена трехфазной, а вторичная обмотка представляет собой рабочую электропроводящую среду, в которой индуцируются короткозамкнутые токи. При отсутствии разработанных методик проектирования и расчетов в нашем распоряжении остается самый общий энергетический принцип, заключающийся в определении по теореме Ланжевена баланса активных и реактивных мощностей, как это описано в литературе, на которую придется сослаться по ходу расчетов и проектирования.

Исходя из общего выражения величины энергии магнитного поля :

$$W_m = \int_v \frac{BH}{2} \cdot dV \quad , \quad (14)$$

где

$$B = \mu\mu_0 H \quad , \quad (15)$$

если

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

В источнике /4/ дана таблица В-1 ( см.стр.9) линейных размеров трансформаторов в зависимости от их характеристик, а на основе энергетического подхода в источнике /5/ ( см.стр.238 и далее) мощность и основные размеры электромашин связаны между собой выражением (1447) на стр. 667, частными следствиями которого с большой точностью на практике применяются расчетные формулы:

$$S_m = \sqrt{P} \quad (16)$$

$$\text{и} \quad 60 = S_m \cdot N_1 \quad (17)$$

где :  $S_m$  - площадь сечения магнитопровода в  $\text{см}^2$ ,

$P$  - потребляемая мощность в Вт,

$N_1$  - число витков на 1 вольт напряжения обмотки,

или, как это широко используется в источнике /6/, представляются в виде графиков для определения габаритных размеров машин по заданным мощностям ( см.рис. 6 –7 на стр. 164 и др.) в зависимости от используемых материалов.

Разумеется, выражение (6-131) для определения сопротивления обмотки по источнику /6/, выражения (6-1) и (6-2) с соответствующими таблицами на стр.248 источника /7/ для определения индуктивностей и т.п. общеизвестные выражения могут здесь нами применяться без каких-либо ограничений, так как они позволяют получать искомые значения с большой точностью :

$$R = r \frac{l_{np}}{S_{np}} , \quad (18)$$

$$L = \mu \mu_o \cdot \frac{N^2}{l_k} \cdot S_m , \quad (19)$$

где  $R$  - активное сопротивление проводника в Ом,  
 $r$  - удельное сопротивление проводникового материала в Ом.мм<sup>2</sup> / м,  
 $N$  - число витков обмотки,  
 $l, S$  - линейные размеры ит сечения соответствующих элементов.

Сводя в общую таблицу наиболее общие расчетные формулы , получим следующий формуляр расчета проектируемой модели насоса:

№№ пп	Наименование расчетных величин	Расчетная Формула	Единица измерения
1.	Полная мощность	$S_3 = 3U_\phi I_\phi$	ВА
2.	Активная мощность	$P = 3U_\phi I_\phi \cos j$	Вт
3.	Сила тока фазного	$I_\phi = \frac{S_3}{3U_\phi}$	А
4.	Допустимое сечение провода	$S_{np} = \frac{I_\phi}{i_{np}}$	мм <sup>2</sup>
5.	Сечение магнитопровода корпуса	$S_m = \sqrt{P}$	см <sup>2</sup>
6.	Количество витков обмотки на 1 в	$N_1 = \frac{60}{S_m}$	Витков
7.	Активное сопротивление фазы	$R_\phi = r \frac{l_{np}}{S_{np}}$	Ом
8.	Индуктивность фазы обмотки	$L_\phi = \mu \mu_o \frac{N^2}{l_{np}} S_m$	Гн
9.	Реактивное сопротивление фазы Обмотки	$X_\phi = \omega L_\phi$	Ом
10.	Полное сопротивление фазы обмотки	$Z_\phi = \sqrt{R^2 + X^2}$	Ом
11.	Расчетная величина тока фазного	$I_\phi = \frac{U_\phi}{Z_\phi}$	А

Здесь опущены геометрические преобразования с использованием табличных значений, источники которых указаны непосредственно перед конкретным расчетом.

Так как все указанные в формуляре расчетные выражения отражают зависимости линейного характера, не содержат сингулярностей и разрывов, то данное обстоятельство позволяет принять за основу проектирование уменьшенной действующей физической модели насоса, которая при необходимости методом геометрического подобия может быть использована для обоснований расчета заданных показателей проектируемого насоса с учетом результатов экспериментальных измерений при работе физической модели насоса.

В соответствии с описанием устройства и работы проектируемого насоса в объем проектных расчетов не включены расчеты блока электропитания, который используется типовым по своему прямому назначению.

Исходные данные на проектирование насоса в соответствии с изложенными соображениями могут быть приняты следующие :

А. Рабочая среда насоса - насыщенный раствор поваренной соли , характеризующийся свойствами :

Концентрация -  $C = 26 \% ( 100 \% \text{ насыщения} )$

Плотность -  $r_{ж} = 1,2 \text{ кг / л}$

Температура -  $T = + 18 \text{ }^\circ\text{C}$

Б. Рабочий режим - непрерывный в погружном положении.

В. Рабочие характеристики насоса в непрерывном режиме :

Производительность -  $Q = 1 \text{ л / сек}$

Напор на выходе -  $H = 40 \text{ м}$

Общий к.п.д. -  $h = 50 \%$

Коэффициент мощности -  $\cos j = 0,5$

Напряжение фазное -  $U_{\phi} = 220 \text{ в}$

Частота тока -  $f = 50 \text{ гц}$

Г. Непрерывный режим работы насоса в погружном положении предопределяет его принудительное охлаждение потоком рабочей среды, что исключает из проектных разработок тепловые расчеты и вентиляционные устройства , характерные для электрических машин.

Д. Погружное положение насоса предполагает с учетом его устройства и работы горизонтальное положение канала на станине с вертикальными штуцерами входа и выхода в гидромагистраль.

Е. Условия эксплуатации насоса предъявляют повышенные требования к коррозионной стойкости его металлических частей, что предопределяет необходимость соответствующей коррозионной защиты путем использования коррозионностойких полимеров.

Ж. Устройство и работа проектируемого насоса исключают в процессе его эксплуатации возникновения циркуляций потока и вибраций корпуса, что снижает соответствующие требования к механической прочности корпуса и жесткости его закрепления на станине.

III-2. Расчет параметров и конструктивных элементов модели насоса:

1) По рабочим характеристикам п. III-1-В) вычислим механическую мощность насоса:

$$N_{\text{мех}} = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g = 1 \frac{\text{л}}{\text{с}} \cdot 40 \text{ м} \cdot 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{л}} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 480 \text{ Вт}$$

2) По заданному общему к.п.д. = 50 % определим потребляемую мощность:

$$P = \frac{N_{\text{мех}}}{0,5} = 960 \text{ Вт}$$

3) Потребляемая мощность позволяет вычислить ток фазный:

$$I_{\phi} = \frac{P}{3U_{\phi} \cdot \cos j} = \frac{960 \text{ Вт}}{3 \cdot 220 \text{ В} \cdot 0,5} = 3 \text{ А}$$

4) Величина фазного тока позволяет теперь определить сечение медного провода фазной обмотки:

$$S_{\text{пр}} = \frac{I_{\phi}}{i_{\text{пр}}} = \frac{3 \text{ А}}{5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}} = 0,6 \text{ мм}^2$$

где  $i_{\text{пр}} = 5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$  - средняя предельно допустимая плотность тока по медному проводу. С учетом схемы обмоточного провода круглого сечения на рис.26-1 по источнику /8/ на стр.357 выбираем для обмотки провод марки ПЭВ d = 0,8 мм по ГОСТ 7262-78.

5) Сечение магнитопровода по формуле (5) расчета п. III-1 составляет:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P} = \sqrt{960} \cong 30 \text{ см}^2$$

С учетом равнозначности фазных полюсов принимаем для каждого:

$$S_A = S_B = S_C = 10 \text{ см}^2$$

6) Из расчетной формулы (6) формуляра п. III-1 находим число витков обмотки на 1 вольт:

$$N_1 = \frac{60}{30} = 2 \text{ витка на 1 вольт.}$$

7) По фазному напряжению  $U_{\phi} = 220 \text{ В}$  определяем минимум числа витков каждой фазы обмотки:

$$N_{\phi} = 220 \text{ В} \times 2 \text{ витка} = 440 \text{ витков}$$

Для сокращения числа пазов корпуса насоса положим в пазу по 25 жил , тогда общее число пазов фазы обмотки составит:

$$N_{\phi} = \frac{440}{25} = 17,6 \cong 18 \text{пазов}$$

Так как число пазов равно числу полюсов, которое может быть лишь целым числом , то принимаем ближайшее значение 18 пазов, что конструктивно представляет собой 9 пар полюсов на одну фазу обмотки. Тогда общее число пазов трехфазной обмотки составит :

$$N_{об} = 3 N_{\phi} = 3 \times 18 = 54 \text{ паза}$$

8) С учетом значений по пп 5) и 7) ширину полюса принимаем  $h_{п} = 5 \text{ мм}$ . Тогда из геометрических соображений можно определить кольцевой периметр полюса:

$$l_{пол} = \frac{S_{пол}}{h_{пол}} = \frac{10 \text{ см}^2}{0,5 \text{ см}} = 20 \text{ см}$$

Это в свою очередь позволяет определить внутренний диаметр канала насоса:

$$d = \frac{l_{пол}}{p} = \frac{20 \text{ см}}{3,14} \cong 6 \text{ см}$$

9) Полагая ширину магнитопровода фазы не менее ширины полюса , получим для толщины стенки корпуса:

$$h_{кор} = 3 h_{пол} = 15 \text{ мм}$$

что приводит к возможности вычисления внешнего диаметра корпуса насоса :

$$D = d + 2 h_{кор} + 2 h_{пол} = 100 \text{ мм}$$

10) Так как общее число пазов  $N_{об} = 54$  паза , то при выполнении условия формулы изобретения , чтобы  $h_{пол} = h_{паз}$  , получаем общую длину магнитопровода :

$$l_{кор} = 54 ( h_{пол} + h_{паз} ) = 540 \text{ мм}$$

С учетом торцевых частей корпуса принимаем общую длину насоса:

$$L_{нас} = 540 + 2 \times 30 \text{ мм} = 600 \text{ мм}$$

11) Расчетная формула (9) из формуляра по п. III-1 позволяет теперь определить индуктивность одной пары полюсов обмотки, если принять во внимание значения:

$l_k = 3 ( h_{пол} + h_{паз} ) =$  - длина сердечника между полюсами данной пары.

$N_{\phi} = 25$  - число витков катушки, равное числу жил в пазу.

$S_{пол} = 10 \text{ см}^2$  - площадь сечения сердечника катушки данной пары.

При этом, учитывая размеры магнитопровода по пп 9) и 10) , выберем по источнику /9/ ( стр.16, 27 и далее) для корпуса сталь марки Э310 ГОСТ 21427-78 ленточный прокат размерами 20 мм x 0,5 мм . Тогда:

$$L_1 = \frac{mm}{l_k} \frac{N_{\phi}^2}{l_k} \cdot S_m = 4p \cdot 10^3 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(25)^2}{3 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^{-3} = 0,025 \text{ гн}$$

что для всех 9 пар полюсов фазы составит индуктивность фазную

$$L_{\phi} = L_1 \times 9 \cong 0,2 \text{ гн}$$

12) Для частоты промышленного тока  $f = 50$  гц индуктивность фазы  $L_{\phi} = 0,2$  Гн определяет величину индуктивного сопротивления фазной обмотки по расчетной формуле (9) формуляра п. III-1 :

$$X_{\phi} = \nu \cdot L_{\phi} = 314 \cdot 0,2 \text{ Гн} \cong 63 \text{ Ом}$$

13) По результатам вычислений по пп 7) и 8) определим величину активного сопротивления фазы обмотки из медного провода по расчетной формуле :

$$R = r \frac{l_{\phi}}{S_{\phi}} = 0,017 \cdot \frac{88 \text{ м}}{0,6 \text{ мм}^2} \cong 2,5 \text{ Ом}$$

С учетом значения индуктивного сопротивления фазной обмотки по п.12) это позволяет вычислить полное сопротивление фазной обмотки:

$$Z = \sqrt{2,5^2 + 63^2} \cong 63,5 \text{ Ом}$$

Сводя результаты вычислений , получим формуляр расчетных величин проектируемой модели насоса:

№№ пп	Наименование величин	Обозначение	Численное значение
1	Общая длина корпуса	$l_{\text{кор}}$	600 мм
2	Внешний диаметр корпуса	$D$	100 мм
3	Внутренний диаметр корпуса	$d$	60 мм
4	Общее число пазов кольцевых	$N_{\text{об}}$	54
5	Общее число витков фазы	$N_{\phi}$	440
6	Число жил провода в пазу	$n_{\text{ж}}$	25
7	Ширина полюса и ширина паза	$h_{\text{пол}} = h_{\text{паз}}$	5 мм
8	Глубина паза и высота полюса	$h_{\text{пол}} = h_{\text{паз}}$	5 мм
9	Толщина стенки корпуса	$h_{\text{к}}$	15 мм
10	Провод обмоточный марки ПЭВ	$d_{\text{пр}}$	0,8 мм
11	Сталь трансформаторная Э310		20 мм x 0,5 мм
12	Число пар полюсов фазы		9

Результаты по пп 1) – 13) характеризуют лишь первичную цепь , поэтому не позволяют определить коэффициент мощности до экспериментальных измерений по определению проводимости рабочей среды, являющуюся вторичной цепью, и зависящей от частоты тока, как это отмечается в литературе /10/ и др.

#### IV. Особенности конструктивного исполнения модели насоса:

IV-1. Общий вид насоса в сборе представлен на рис.2.

По выполнению требований условий эксплуатации ( п. III-1-Е ) в качестве коррозионностойкого материала для неметаллических частей и деталей насоса выбираем по источнику /11/ , стр.272 фторопласт соответствующих марок.

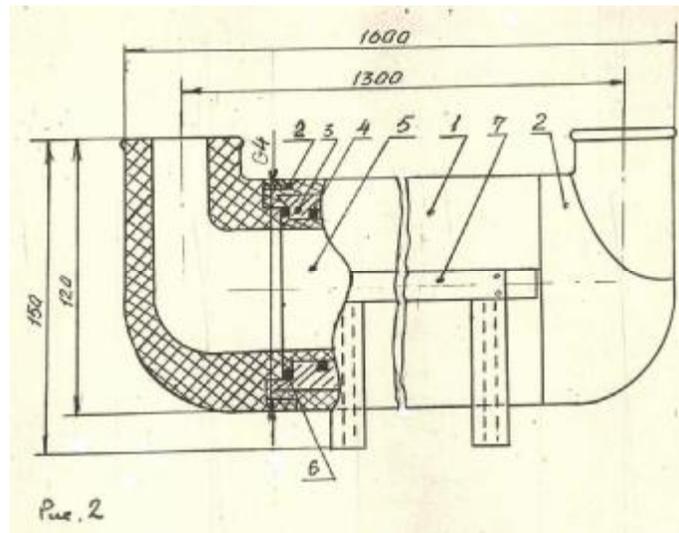


Рис.2 (Рис.2. по источнику /3/)

№№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материалов	№№ рис.
1	Корпус	Ф - 50	ТУ - 6 - 05 - 600 - 77	Рис.3
2	Штуцер	Ф - 50	ТУ - 6 - 05 - 600 - 77	Рис.2
3	Магнитопровод	Э310	ГОСТ 21427.4-78	Рис.4 и Рис.5
4	Обмотка	ПЭВ	ГОСТ 7262-78	Рис.6
5	Рабочая камера	Ф-4Д	ТУ - 6 - 05 - 600- 77	Рис.7
6	Прокладка	КЩ	ГОСТ 18698 - 79	Рис.2
7	Коллектор	Ф - 50	ТУ - 6 - 05 - 600 -77	Рис.8

IV-2. Корпус насоса представлен на рис.3.

Корпус насоса состоит из двух полуцилиндрических частей с губками, снабженных отверстиями под болтовые соединения. Нижняя полуцилиндрическая часть корпуса выполнена с лапами для крепления на фундаменте с помощью болтов. Внутренняя поверхность полуцилиндрических частей корпуса имеет угловые пазы в торцевых частях для крепления шихтовки магнитопровода, а снаружи торцы корпуса имеют резьбу для присоединения штуцеров насоса. С одной стороны корпуса губки выполнены короче длины цилиндра, а на их месте выполнены окна под колодки коллектора обмотки.

IV-3. Магнитопровод насоса представлен на рис.4 и рис.5.

Магнитопровод выполнен шихтовкой пластин клиновидного сечения из трансформаторной стали Э310, имеющих угловые выступы по торцам. Продольный паз магнитопровода для лобовых частей обмотки образован промежуточными, торцевыми и выводными пластинами, отличающимися от полюсных отсутствием зубцов полюсов. Снаружи магитопровода на его

поверхности вблизи выводных отверстий обмотки выполнены канавки прямоугольного периметра под фиксатор выводов обмотки

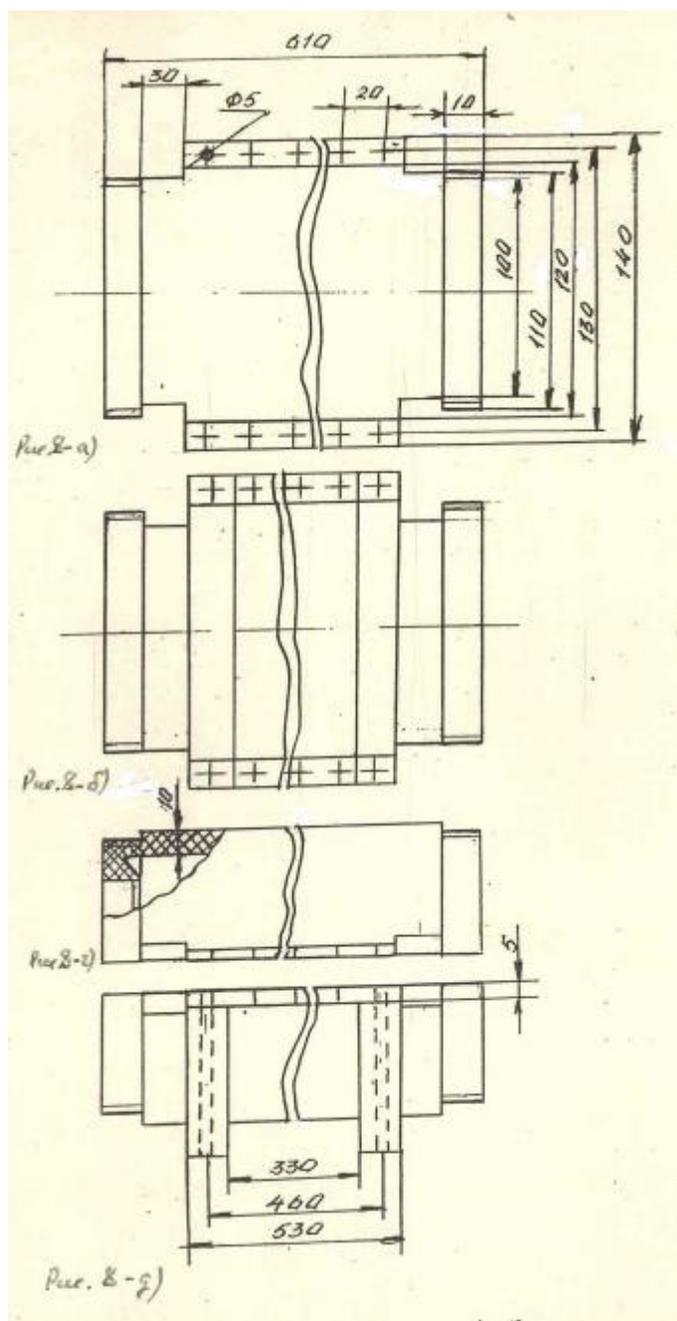


Рис.3 Корпус насоса. (рис.8 по источнику /3/)

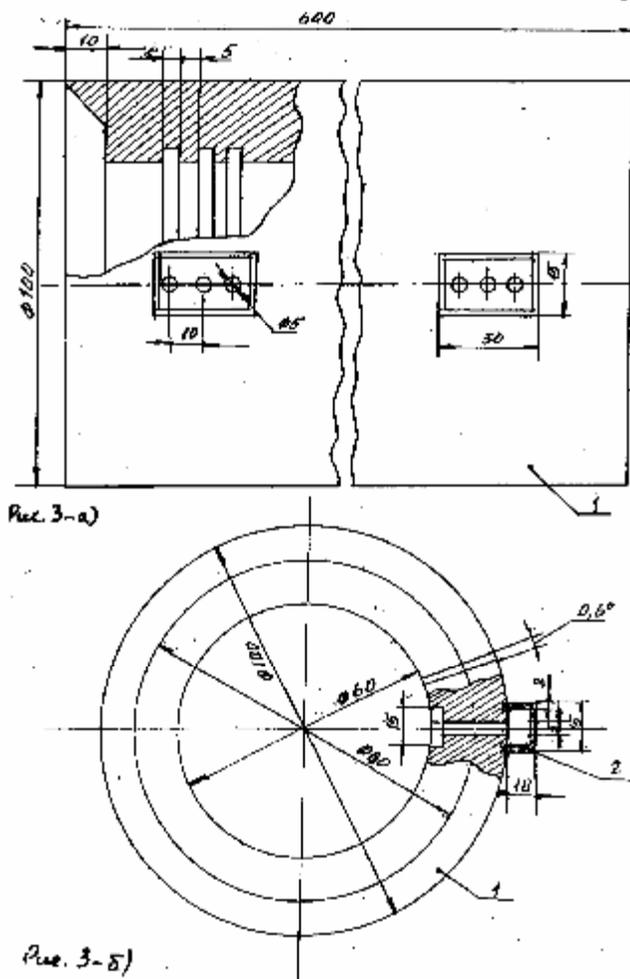


Рис.4 Магнитопровод индуктора насоса .  
( Рис.3 по источнику /3/ )

№№ ПП	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ Материалов	Примечание
1.	Магнитопровод	Э310	21427.4-78	Шихтовка
2.	Фиксатор выводов	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	

IV-4. Обмотка насоса представлена на рис.6.

Обмотка выполнена трехфазной зигзагообразной на цилиндрической внешней поверхности рабочей камеры с помощью упоров на упорной пластине в продольном пазу цилиндрической рабочей камеры. Витки обмотки входят в пазы магнитопровода при обхвате им снаружи и стяжки корпуса болтовыми соединениями в губках корпуса.



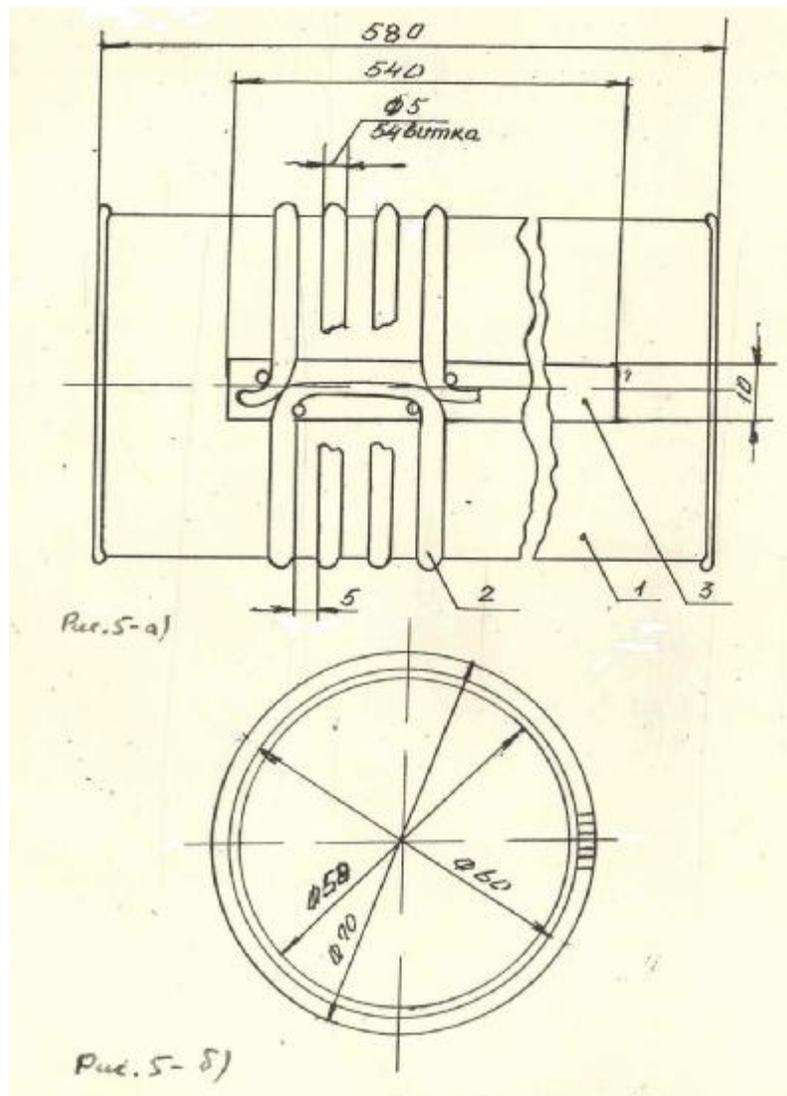


Рис.6 Обмотка индуктора. ( Рис.5 по источнику /3/ )

№№ пп	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ Материалов	Примечание
1.	Рабочая камера	Ф-4Д	ТУ 6-05-600-77	Рис.7
2.	Жгут П Э В	П Э В	7262-78	54 витка
3.	Пластина упорная	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	Рис.5

Соединительные многожильные фазные жгуты уложены вдоль губок корпуса между колодками и закрыты крышкой, закрепленной к колодкам винтами.

IV-5. На рис.7 и рис.8 представлены рабочая камера и коллектор обмотки насоса.

В сборе коллекторное устройство представляет собой закрытую, защищенную от агрессивной среды систему неподвижных электроизолированных соединений обмотки индуктора насоса.

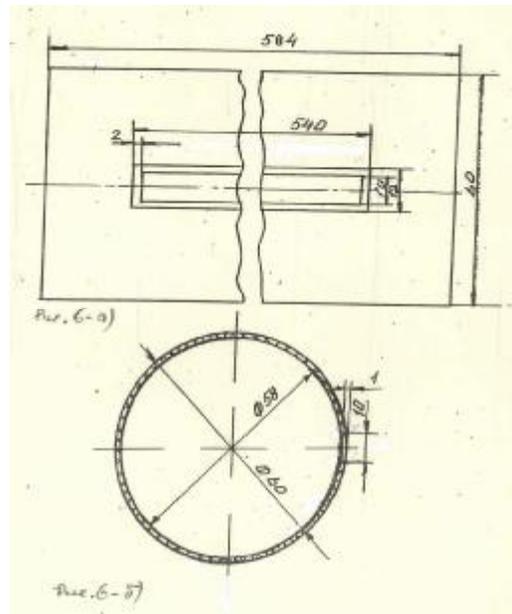


Рис.7 Рабочая камера насоса  
(Рис.6 по источнику /3/)

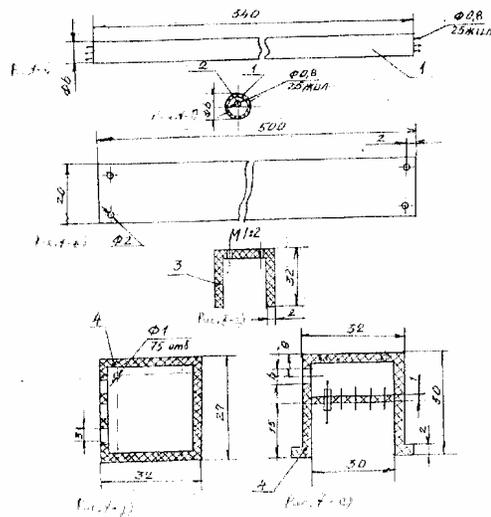


Рис.8 Коллектор обмотки индуктора.  
(Рис.7 по источнику /3/)

№№ ПП	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ Материалов	Примечание
1.	Трубка	П Х В	14332-78	3 шт.
2.	Жила	П Э В	7262-78	75 шт.
3.	Крышка	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	
4.	Колодка	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	2 шт.

После отбортовки торцов рабочей камеры и уплотнения резиновыми прокладками штуцеров с помощью резьбовых соединений закрепляют индуктор насоса, обеспечивая герметичность насоса .

Присоединение штуцеров в гидромагистраль осуществляется эластичными шлангами с закреплением их хомутами ( на чертежах не показаны, как применяемые по своему прямому назначению).

При включении насоса к блоку электропитания могут быть использованы типовые емкостные компенсаторы реактивной мощности ( на чертежах не показаны ).

Литература:

- 1.Вертинский П.А. I.Магнитодинамика.г.Усолье-Сибирское, 1993 г.,222 с.
- 2.Вертинский П.А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики //Сб.мат. V н.-пр. конф.»Сибресурс-2002»,ИГЭА,Иркутск,2002.
- 3.Вертинский П.А. Введение в магнитодинамику, ИрГТУ,Иркутск,1997г.,144с.
- 4.Васютинский С.Б.Вопросы теории и расчета трансформаторов,Л.»Энергия»1970.
- 5.Шуйский В.П. Расчет электрических машин. Пер.с нем. Л.»Энергия»,1968 .
- 6.Копылов И.П. и др.Проектирование электрических машин. М.,»Энергия»,1980.
- 7.Калантаров П.Л. и др. Расчет индуктивностей .Л.»Энергоатомиздат»,1986.
- 8.Белоруссов Н.И. и др.Электрические кабели,провода и шнуры.Справочник. М.,»Энергия»,1979.
- 9.Никитский В.З. Трансформаторы малой мощности.М.,»Энергия»,1976 .
- 10.Графов Б.М. и др.Электрохимические цепи переменного тока.М.,»Наука»,1973.
- 11.Лашинский А.А. и др. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.Справочник.,Л.»Машиностроение»,1970.