

УДК 53

К МАГНИТОДИНАМИКЕ ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА И РАСЧЁТА УСТРОЙСТВ ПО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ПРИРОДНЫХ ВОД

Вергинский П.А.*Усьолье-Сибирское, e-mail: pavel-35@mail.ru*

В данной статье автор анализирует ситуацию с загрязнением окружающей природной среды сельскохозяйственными отходами во всём мире, которая становится катастрофической. Это обстоятельство является главным стимулом поиска и широкого практического применения разнообразных путей и способов защиты окружающей среды. В последнее время большой интерес сельскохозяйственные экологи проявляют к электрическим методам, среди которых можно указать многочисленные попытки отечественных и зарубежных специалистов.

Ключевые слова: электрокоагуляция, электрофлотация, электрохимическое окисление, магнитодинамика, поле магнитного натяжения, магнитодинамический электролитный насос.

BY MAGNETODYNAMICS JUSTIFICATION METHOD AND CALCULATION DEVICES DECONTAMINATION NATURAL WATERS

Vertinskii P.A.*Ussolye-Siberian, e-mail: pavel-35@mail.ru*

In this article the author analyzes the situation of environmental pollution by agricultural waste in the world, which is becoming catastrophic. This circumstance is the main stimulus for the search and the practical use of a variety of ways and means to protect the environment. Recently, a lot of interest, agricultural ecologists show to electrical methods, among which can be noted numerous attempts to domestic and foreign experts.

Keywords: electrocoagulation, electroflotation, electrochemical oxidation, magneto, magnetic field tension, magnetodynamic electrolyte pump.

I. Вступление

По существу обозначенной проблемы автору уже неоднократно пришлось отметить сложившуюся ситуацию, например, в работе [1], из которой цитирую: «...Современная ситуация с загрязнением окружающей природной среды сельскохозяйственными отходами во всём мире по общему и давнему признанию является катастрофической. Именно данное обстоятельство является главным стимулом поиска и широкого практического применения разнообразных путей и способов защиты окружающей среды от загрязнения и заражения сельскохозяйственными отходами, которые можно сгруппировать в большие группы:

1. Физические (центрифугирование, фильтрация, термообработка, облучение и др.),
2. Химические (хлорирование, озонирование, сжигание и др.),
3. Биологические. Разумеется, в эти группы входят и многочисленные комплексные методы: физико-химические, биофизические и биохимические» [2].

Вместе с этим, не вдаваясь здесь в детальный анализ каждого из названных и не названных методов, приходится констатировать, что проблемы обеззараживания со временем становятся всё более обострён-

ными. Этот вывод легко понятен не только с позиций эффективности указанных и других методов, часто ограниченных на уровне 50% и менее, но и в связи со сложностью оборудования, из-за дороговизны материалов и устройств, высокой энергоёмкости проведения соответствующих мероприятий, включая транспортные расходы [3]. Особенному замечанию здесь подлежат химические методы, неизбежным результатом которых является химическое, часто токсичное загрязнение окружающей среды, в частности, наиболее эффективный химический способ обеззараживания – сжигание приводит к загрязнению окружающей среды продуктами сгорания. В свете выше сказанного вполне понятен появившийся интерес сельскохозяйственных экологов к электрическим методам, среди которых можно указать многочисленные попытки отечественных и зарубежных специалистов. В работе [2] даётся краткое обобщение перечисленных и других исследований и попыток применения на практике электрических способов обработки сельскохозяйственных отходов, разделяя их на относительно самостоятельные группы:

«1. ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИЯ. Электрокоагуляция основана на пропускании через

сточные воды постоянного электрического тока с помощью погруженных заряженных электродов. В результате обработки жидкости влажностью не менее 98,5% в электрическом поле коллоидные частицы разноименно заряжаются, притягиваются друг к другу, уплотняются и выпадают в осадок в отстойнике. Электрокоагуляция имеет определенные преимущества перед обработкой сточных вод с использованием химических реагентов, упрощая технологию и эксплуатацию установок, но требует значительных затрат электроэнергии и металла, который в виде гидросмеси собирается в осадке».

«2. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ. Электрофлотация представляет собой способ разделения, в процессе которого легкие частицы поднимаются на поверхность сточной воды, переносимые малыми пузырьками газов. В рамках данного способа при проведении электролиза воды на поверхности электродов (анода и катода) образуются малые пузырьки водорода и кислорода (22-50 мкм в диаметре). Пузырьки поднимаются на поверхность жидкости и при этом выполняют функцию собирателей мелкодисперсных частиц. Для осуществления электролиза требуется мощный источник электрического тока. Процесс ограничен высоким содержанием сухих веществ в жидком навозе. Для того чтобы обеспечить возможность эффективного использования данного способа для удаления растворимого азота, необходимо обеспечить одновременное электрохимическое окисление. Имеются сведения об использовании электрофлотаторов при очистке жидкой фракции навоза. Установлено, что расход электроэнергии на обработку 1 м³ при электрофлотации меньше, чем при электрокоагуляции, особенно после предварительного хлорирования исходной жидкой фракции».

«3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ. Существует множество способов осуществления электрохимического окисления. Хорошо известен и широко распространен способ, в процессе которого для окисления аммиака используют хлор и образующийся на аноде гипохлорит. В соответствии с данным способом расщепление аммония происходит в результате реакции непрямого окисления. Расщепление происходит посредством сильных окислителей, образующихся в жидком растворе в процессе электрохимической реакции. В присутствии хлорида на аноде выделяется газоо-

бразный хлор. Далее за анодной реакцией следует диффузия газообразного хлора в жидком растворе (растворение), а затем протолитическая реакция с образованием гипохлорита и хлорноватистой кислоты в зависимости от уровня pH. Эффективность данного способа зависит от вида добавляемой соли и величины электрического тока. Для эффективного окисления аммиака, как правило, требуется 30 г/литр хлорида. Недостаток состоит в том, что возможно образование промежуточных органических соединений, содержащих хлор».

Таким образом, способы обеззараживания природных вод можно рассматривать частными случаями применения отмеченных выше разнообразных путей и способов защиты окружающей среды от загрязнения и заражения сельскохозяйственными отходами.

II. Магнитодинамическое введение

В виду мизерных тиражей своих публикаций автору уже многократно приходилось цитировать основания МАГНИТОДИНАМИКИ, поэтому здесь также процитирую кратко суть своих выводов и предложений по существу так называемого ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПАРАДОКСА из работы Вергинский П. А., К МАГНИТОДИНАМИКЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ УСТАНОВОК ХОЛОДНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА <http://econf.rae.ru/article/8803> [3], при этом сохраняя нумерацию формул и рисунков по источнику [3]: «...Разумеется, классическая электродинамика в течение двухвековой своей истории неоднократно пыталась своими методами решить свои проблемы. В попытках выйти из своих противоречий классическая электродинамика вводит надуманный векторный потенциал, подчиняя его произвольным требованиям $\vec{H} = \text{rot } \vec{A}(r)$ (1) по [3] и $\text{div } \vec{A}(r) = 0$ (2), которые к желаемым результатам не привели. Релятивистская физика, пытаясь рассматривать магнитное и электрическое поля в четырехмерном пространстве, в своих дифференциальных преобразованиях применяет к ним так называемый четырех – вектор, получая результаты:

$$\nabla^2 \vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{j}{\epsilon_0 c^2} \quad (3)$$

$$\text{и } \nabla^2 \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (4),$$

которые по прежнему означают отдельные магнитное и электрическое поля, так и не выйдя из тупиков и парадоксов классической электродинамики. Другими словами, классическая электродинамика в действительности была основана не на четырёх уравнениях Максвелла:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \quad (5),$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \frac{d\vec{D}}{dt} + \vec{j} \quad (6),$$

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho \quad (7), \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad (8),$$

а на трех аксиомах, поэтому могла решать лишь плоские задачи, то есть для нее оказалось невозможным решение задач в трехмерном пространстве («электромагнитный парадокс», взаимодействие тороидальных обмоток, взаимодействие длинных соленоидов и др.). Магнитодинамика заменила неадекватную аксиому (8) на адекватную и оказалась способной успешно решать трехмерные задачи на основе четырех адекватных аксиом. После замены в фундаментальной системе уравнений классической электродинамики неадекватного положения, что $\operatorname{div} \vec{B} = 0$ (8), которое означает отсутствие источников магнитного поля, на соответствующий действительности принцип, что $\operatorname{div} \vec{T} = \mu_0 \mu i$ (9) по [3], оказалось возможным не только снять «электромагнитный парадокс», но и решить многие теоретические проблемы электродинамики и практические задачи электротехники. Таким образом, принимая за начало узловых этапов эволюции электродинамики даты фундаментальных открытий и изобретений из её истории, можно графически представить эволюцию электродинамики в полном соответствии с S – образным законом эволюции систем на рис. 1.

При этом невозможно проходить мимо удручающего факта, что суммарный эффект всех тех многих тысяч исследований пока равен нулю, так как на основе этих расчётов и проектов практика строит всё новые и новые, всё более гигантские монстры экспериментальных установок типа «ТОКАМАКОВ», «СТЕЛЛАТОРОВ», «ГИБРИДЕРОВ» и т. п., но с подозрительным постоянством всякий раз надежды экспериментаторов не оправдываются, принуждая распорядителей кредитов на многомиллиардные расходы по сооружению этих монстров публиковать в академической прессе (ПОИСК и др.) дежурные «оптимистические» отчёты, уподобляясь тем изобретателям «вечного двигателя», которым просто «не хватило мелочи», чтобы их колесо не останавливалось. Вместе с тем, так как два элемента тока взаимодействуют между собой по прямой линии подобно электрическим зарядам, то их взаимодействие можно характеризовать величиной магнитного натяжения:

$$\vec{T} = -\operatorname{grad} H(x, y, z) \quad (10).$$

Другими словами, естественно положить в основу определения силовой характеристики магнитного поля величину и направление магнитной силы между токами согласно закону Ампера:

$$f = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \Delta l \quad (11),$$

то есть для поля вокруг тока I_1 имеем:

$$T_1 = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \Delta l \frac{1}{I_2 \Delta l} = \mu_0 \frac{I_1}{2\pi r} \quad (12)$$

и для поля тока I_2 :

$$T_2 = \mu_0 \frac{I_2}{2\pi r} \quad (13).$$

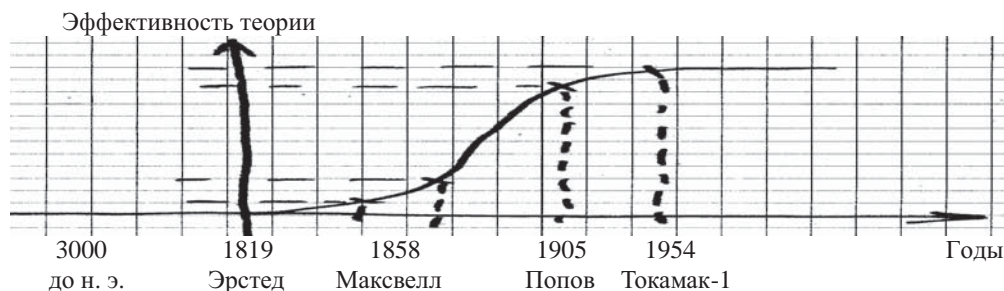


Рис. 1

По существу такого предложения в основаниях электродинамики мне пришлось докладывать на конференции «Сибирсурс-2002», поэтому здесь лишь кратко отмечу некоторые выводы этих исследований.

II-1. Поле магнитного натяжения

Так как численное значение этой новой вектор – функции \vec{T} оказывается согласно выражениям (12) и (13) равным значению, которое ранее нами присваивалось величине напряженности магнитного поля по закону Био-Савара-Лапласа, то теперь магнитную напряженность H придется считать в соответствии с определением (10) скалярной величиной. Здесь уместно вспомнить, что по закону Био-Савара-Лапласа мы позволяли себе математический произвол, так как находя вектор \vec{H} как векторное произведение векторов \vec{r} и ΔI , должны были в соответствии с математическим определением векторного произведения исходить из их точки пересечения, но допускали «исключение из правила», «позволяя» вектору \vec{H} быть лишь ортогональным плоскости, образованной векторами – сомножителями \vec{r} и ΔI . Раскроем определение (10):

$$\vec{T} = -\left(\frac{dH}{dx} \vec{i} + \frac{dH}{dy} \vec{j} + \frac{dH}{dz} \vec{k}\right) \quad (14)$$

и для упрощения вычислений направим ток I по прямому проводу вдоль оси Z , тогда

$$\vec{T} = -\left(\frac{dH}{dx} \vec{i} + \frac{dH}{dy} \vec{j}\right) \quad (15).$$

Для статического поля этой вектор-функции (1) самоочевидно соотношение $H = Tr$ (16) по [3], которое полностью аналогично выражению для электростатического поля: $U = El$ (17). Симметричность геометрии магнитостатического и электростатического полей с этих позиций выявляется и в сравнении полей прямого провода с током по выражениям (12) и (13) с полем равномерно заряженной нити, величина которого может быть выражена аналогичной формулой:

$$E = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (18)$$

Ясно, что имея два провода с токами противоположного направления, получим геометрическую картину общего для них магнитного поля натяжением \vec{T} как на рис. 2. Здесь отчетливо видно, что роль магнитного «монополя» в действительности выполняет электрический ток, создающий данное

поле известная геометрическая картина электростатического поля как на рис. 2 представляется теперь мгновенным значением в результате сечения магнитного поля натяжением \vec{T} плоскостью, перпендикулярной токам, при соответствующей замене линий \vec{T} на линии \vec{E} , а линий \vec{H} на линии ϕ .

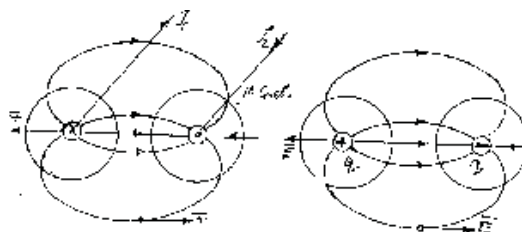


Рис. 2

II-2. Уравнения поля

Разумеется, введение новой векторной функции \vec{T} магнитного поля на основании реального направления магнитных сил вместе с адекватным отображением геометрии поля приводит к соответствующим изменениям вида уравнений Максвелла. Определяя величину потока магнитного натяжения \vec{T} вокруг провода с током через замкнутую поверхность вокруг этого провода, представим элементарный поток:

$$d\vec{N} = \vec{T} d\vec{S}, \quad (19),$$

где $d\vec{S}$ – элемент поверхности около провода с током как на рис. 3.

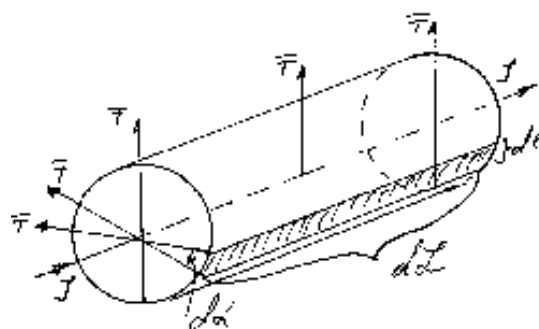


Рис. 3

Так как $d\vec{S} = dL dl$ и $dl = r d\alpha$, то вычисления дают:

$$N_T = \int_0^L dL \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{I}{2\pi r} r d\alpha = \mu_0 IL > 0 \quad (20)$$

Таким образом, поле магнитного натяжения \vec{T} вокруг провода с током есть поле потенциальное, его силовая характеристика \vec{T} направлена по силам взаимодействия токов, создающих данное поле \vec{T} .

При полной осевой симметрии магнитного натяжения \vec{T} вокруг тока I по прямому проводу вдоль оси Z очевидно:

$$\frac{dT_x}{dy} = \frac{dT_y}{dx} \quad (21)$$

по [3], откуда сразу следует: $\text{rot } \vec{T} = 0$ (22).

По аналогии с определением:

$$\text{div } \vec{E} = \frac{d\vec{N}_E}{dV} \quad (23),$$

найдем и

$$\text{div } \vec{T} = \frac{d\vec{N}_T}{dV} \quad (24),$$

где $N_T = \mu_0 L$ (20) по [3]. Рассмотрим случай стационарного тока $I = \text{Const}$:

$$\begin{aligned} \text{div } \vec{T} &= \frac{d}{dV}(\mu_0 IL) = \\ &= \mu_0 I \frac{dL}{dV} = \mu_0 \frac{dq}{dt} \frac{dL}{dV} = \mu_0 \rho v_e \quad (25), \end{aligned}$$

Так как $i = \rho v_e$, то можно записать:

$$\text{div } \vec{T} = \mu_0 i \quad (26),$$

Сводя полученные результаты по (22) и (26) с известными уравнениями Максвелла для стационарного тока, получим систему:

$$\text{div } \vec{D} = \rho \quad \text{или:} \quad \text{div } \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \quad (27)$$

$$\text{div } \vec{T} = \mu_0 i \quad \text{div } \vec{T} = \mu_0 i \quad (28)$$

$$\text{rot } \vec{E} = 0 \quad \text{rot } \vec{E} = 0 \quad (29)$$

$$\text{rot } \vec{T} = 0 \quad \text{rot } \vec{T} = 0 \quad (30)$$

В случае статики, когда заряды неподвижны, уравнение (28) вырождается в уравнение (27), а уравнение (30) вырождается в уравнение (29), сводя таким образом систему уравнений к двум известным уравнениям электростатического поля как частного случая поля электромагнитного, что полностью соответствует действительности.

II-3. Электромагнитные силы

В силу наших определений (11) и (13) запишем:

$$T = \mu_0 \frac{I}{2\pi r} = \frac{f}{I\Delta l} \quad (31),$$

откуда легко видеть, что нахождение сил взаимодействия токов сводится к их вычислению по заданным токам в проводниках в известных полях магнитного натяжения \vec{T} . Поэтому вопрос о взаимодействии проводников с токами сводится к нахождению их полей магнитного натяжения \vec{T} :

$$\vec{f} = T(\vec{I}\Delta l) \quad (32).$$

Так, например, силы действия сторон изогнутого провода с током друг на друга можно теперь представить как на рис. 4, из которого с очевидностью вытекает геометрическое соотношение для сил в поле магнитного натяжения \vec{T} :

$$f_{12} = T_{12} I_1 \Delta l_1 \cos \alpha \cos \beta \quad (33)$$

$$\text{и} \quad f_{21} = T_{21} I_2 \Delta l_2 \cos \beta \cos \alpha \quad (34)$$

Но так как для данного случая самоочевидными являются тождества: $I_1 \equiv I_2$ и $T_1 \equiv T_2$, то из этого обстоятельства непосредственно следует вывод, что силы (33) и (34) друг друга взаимно компенсируют, так как

$$f_{12} = -f_{21} \quad (35).$$

Поэтому в действительности на изогнутый провод с током действует лишь распрямляющая сила по (33) и (34), но нет никакой силы тяги для такой системы, что непосредственно снимает «электромагнитный парадокс». Аналогичные соображения относительно скрещенных проводов с токами приводят нас к выводу об их стремлении принять положение в одной плоскости, как это и происходит в действительности, что и показано на рис. 5.

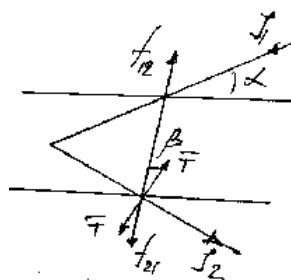


Рис. 4

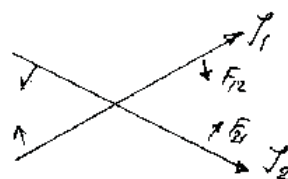


Рис. 5

II-4. Практические рекомендации на основе магнитодинамики

В качестве иллюстраций возможностей изложенных выводов для оптимизации электромеханических систем здесь кратко отметим из десятков изобретений на их основе несколько наиболее практичных технических решений:

Как выяснилось, объективно-историческая ошибка в направлении силовой характеристики электромагнитного взаимодействия токов, привнесенная опытами Х. Эрстеда и вошедшая в фундаментальную систему уравнений Максвелла значительно затруднила технические решения в электротехнике. Действительно, самоочевидный вывод магнитодинамики об электромагнитной индукции при изменении магнитного натяжения вблизи проводника с изменением тока во времени:

$$T = \frac{I}{2\pi r} \quad (35) \text{ по [3]},$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt} \quad (36)$$

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.

К сказанному по выражениям для ЭДС электромагнитной индукции (36) можно добавить, что величина ЭДС состоит из двух частей:

$$\text{ЭДС} = \text{ЭДС}_1 + \text{ЭДС}_2 \quad (37),$$

где $\text{ЭДС}_1 = -A \frac{1}{r} \frac{dl}{dt} \quad (38),$

$$\text{ЭДС}_2 = -A \frac{l}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt} \quad (39) \text{ по [3]}.$$

Ясно, что ЭДС_1 возникает вследствие изменения тока I со временем, а ЭДС_2 возникает в результате взаимодействия вторичного тока I_2 с первичным I_1 при изменении расстояния между ними. Данное обстоятельство, выраженное в зависимости (39) необходимо отметить здесь особенно. Дело в том, что с позиций классической электро-

динамики эта функциональная зависимость не является самоочевидной, а нами выше она выявлена уже по заранее эмпирически известному выводу (38). Но зависимость

$$\text{ЭДС}_2 = -A \frac{l}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$$

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.

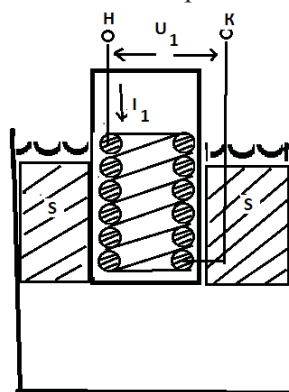


Рис. 6



Рис. 7

Вместе с тем, из выражения (39) непосредственно следует, что при погружении первичной обмотки в электролит возможно образовать в нем значительные токи i , 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. Отдельное пояснение здесь надо сделать относительно плотности тока, индуцированного обмоткой в электролите, которое ил-

люстрируется на рис. 6 и рис. 7. На рис. 6 показан разрез погруженной в электролит обмотки с выводами Н и К, подключенных к источнику переменного тока, в результате чего сам электролит вокруг обмотки представляет собой вторичный кольцевой (короткозамкнутый) виток проводника сечением S , в котором индуцируется вторичный ток плотностью i , зависящий от расстояния до первичной обмотки, как это показано на рис. 7. Действительно, из выражения (39) следует, что вблизи обмотки с первичным током плотность вторичного тока может иметь значения, способные эффективно влиять на протекание реакций в растворах или расплавах. Этот вывод и продемонстрирован ниже на изобретениях автора.

III. Проточный магнитодинамический электролизёр автора по патенту № 2147555 РФ на магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе

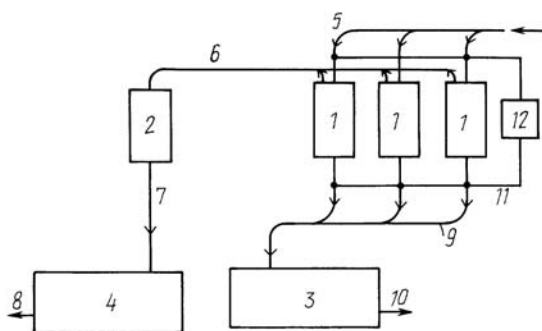


Рис. 10 (Фиг. 1 по [6])

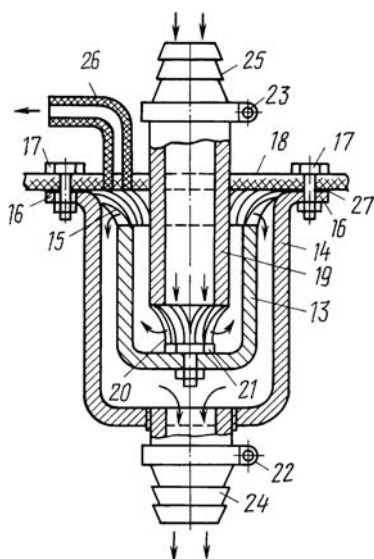


Рис. 11 (Фиг. 2 по [6])

Заявленной технической задачей, на решение которой направлено данное изобретение, является производство гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе при полной механизации и автоматизации технологического процесса получения гидроксида натрия. На рис. 10. показана технологическая схема магнитодинамического аппарата для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе. Магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе [6] включает в себя систему магнитодинамических электролизеров 1, приемник соляной кислоты 2, приемник каустической соды 3, накопитель соляной кислоты 4, трубопроводную магистраль с коллектором подвода рассола поваренной соли 5 к магнитодинамическим электролизерам 1, трубопроводную магистраль 6 с коллектором для сбора и отвода хлора и водорода из магнитодинамических электролизеров 1 в приемник соляной кислоты 2, трубопроводная магистраль 7 для отвода соляной кислоты в накопитель 4 с выводным патрубком 8, трубопроводная магистраль с коллектором 9 для отвода каустической соды из магнитодинамических электролизеров 1 в приемник 3 с выводным патрубком 10, линия электропередачи тока переменного 11 от блока электропитания 12 к магнитодинамическим электролизерам 1. На рис. 11. показан разрез магнитодинамического электролизера вертикальной плоскостью. Магнитодинамический электролизер 1 состоит из металлического тупикового стакана 13, электрически соединенного с металлическим проточным стаканом 14 токоотводящими лепестками 15. Стакан 14 вместе с коаксиально размещенным в нем стаканом 13 укреплены с помощью отбортовки 16 болтовыми креплениями 17 к электроизолирующей крышке 18. Входной трубчатый проводник 19 укреплен коаксиально внутри стакана 13 с помощью токоотводящих лепестков 20, приваренных к болтовому соединению 21 проводника 19 со стаканом 13. Вывод стакана 14 и трубчатый проводник 19 снабжены кольцевыми хомутами с клеммами 22 и 23 для подсоединения линии электропитания электролизера. Вывод стакана 14 и ввод трубчатого проводника 19 снабжены штуцерами 24 и 25 для присоединения гидролиний согласно технологической схеме. В крышке 18 выполнен трубо-

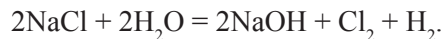
проводный вывод 26 для газообразных хлора и водорода. Герметизация электролизера обеспечивается прокладкой 27 между отбортовкой 16 стакана 14 и крышкой 18. Количество электролизеров 1 в аппарате по конкретному условию эксплуатации может быть произвольным и определяется заданной производительностью аппарата. Количество тупиковых стаканов 13 и проточных стаканов 14 в каждом электролизере 1 может быть произвольным и определяется по конкретным условиям эксплуатации заданной концентрации каустической соды на выходе из аппарата. Габаритные размеры стаканов 13, 14 и трубчатого проводника 19 и толщина их стенок определяется заданной мощностью аппарата по конкретным условиям эксплуатации и ничем не ограничены.

Устройство магнитодинамического электролизера по описанию обеспечивает электрическое соединение коаксиальных стаканов 13 и 14 и трубчатого проводника 19 между собой согласно по магнитному полю и последовательно по гидротоку обрабатываемого рассола.

В качестве блока электропитания 12 может быть использована типовая трехфазная трансформаторная подстанция мощностью, согласованной с мощностью аппарата, электролизеры 1 которого должны быть распределены по фазам трехфазной сети равномерно.

Работает магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе следующим образом. После выполнения технологической схемы (см. рис. 1) по описанному с помощью типовой электрокоммутационной аппаратуры (на чертежах не показана) включается электропитание от блока электропитания 12 на магнитодинамические электролизеры 1, через которые с помощью типовой запорно-регулирующей аппаратуры и системы насосов (на чертежах не показаны) создается поток рассола поваренной соли. Согласно современным электрохимическим представлениям соль в растворе диссоциирована на ионы, находясь при отсутствии внешнего воздействия в термодинамическом равновесии. Так как трубчатые проводники стаканов 13, 14 и 19 соединены между собой электрически согласно по магнитному полю, то в цилиндрических зазорах между коаксиальными проводниками 13, 14 и 19 при протекании по ним переменного тока создается мощное

переменное магнитное поле, которое индуцирует в протекающем по цилиндрическим зазорам между проводниками 13, 14 и 19 рассоле переменные токи большой величины. Под воздействием переменных электромагнитных полей термодинамическое равновесие в растворе электролита нарушается, так как дополнительно к ионам диссоциированной поваренной соли образуются вследствие электролиза воды ее ионы водорода и гидроксидной группы. В результате взаимодействия под влиянием переменных индукционных токов ионов натрия, хлора, водорода и гидроксидной группы интенсивно протекает процесс восстановления молекул водорода и хлора, которые в виде пузырьков выделяются из рассола, нарушая первоначальный состав электролита, обедняя его ионами хлора и водорода, увеличивая соответственно концентрации ионов натрия и гидроксидной группы, являющихся составными частями каустической соды. Таким образом, суммарную реакцию разложения поваренной соли в магнитодинамическом электролизере 1 между трубчатыми проводниками 13, 14 и 19 под действием переменных индуцированных токов можно записать в виде:



Соотношение концентраций продуктов этой суммарной реакции определяется величиной индукционных токов в электролите рассола, длительностью обработки их в зазорах между трубчатыми проводниками 13, 14 и 19 и первичной концентрацией поваренной соли в рассоле, то есть может быть задано конкретной мощностью электропитания магнитодинамического электролизера 1, его габаритными размерами и заданной производительностью аппарата, что в итоге и является достижением цели изобретения. Продукты реакции по трубопроводным магистралям 6, 7, 9 отводятся к приемникам и накопителям 3 и 4, откуда расходуются по своему назначению. Так как все стадии технологического процесса по описанному от подачи рассола по трубопроводной магистрали с коллектором 5 до вывода продуктов реакции в магнитодинамическом электролизере 1 по трубопроводным магистралям и коллекторы 6, 7, 9 осуществляются и управляются с помощью гидронасосов и запорно-регулирующей аппаратуры, то использование систем типового электрифицированного дистанционного управ-

ления и измерения параметров технологического процесса обеспечивает реальную возможность полной механизации и автоматизации производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе.

Эффективность магнитодинамического аппарата для производства гидроксида натрия и электрохимическим способом на переменном токе по описанному определяется габаритными показателями магнитодинамических электролизеров, количеством их в технологической схеме, общей мощностью установки по конкретным условиям эксплуатации...»

Таким образом, проточный магнитодинамический электролизёр по патенту РФ № 2147555 на магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе обеспечивает производство сильного дезинфицирующего раствора из широко распространенного ресурса – соли поваренной. Для работы аппарата требуется блок электропитания и емкости для раствора соли поваренной и готового дезинфицирующего раствора.

VI. Обоснование и расчёт устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса

По существу данного изобретения автор уже неоднократно отмечал его детали и особенности, например, в работе [4] из которой цитирую, сохраняя нумерацию формул и рисунков:

«...II. Обоснование работы магнитодинамического 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 (рис. 1).

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.

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.

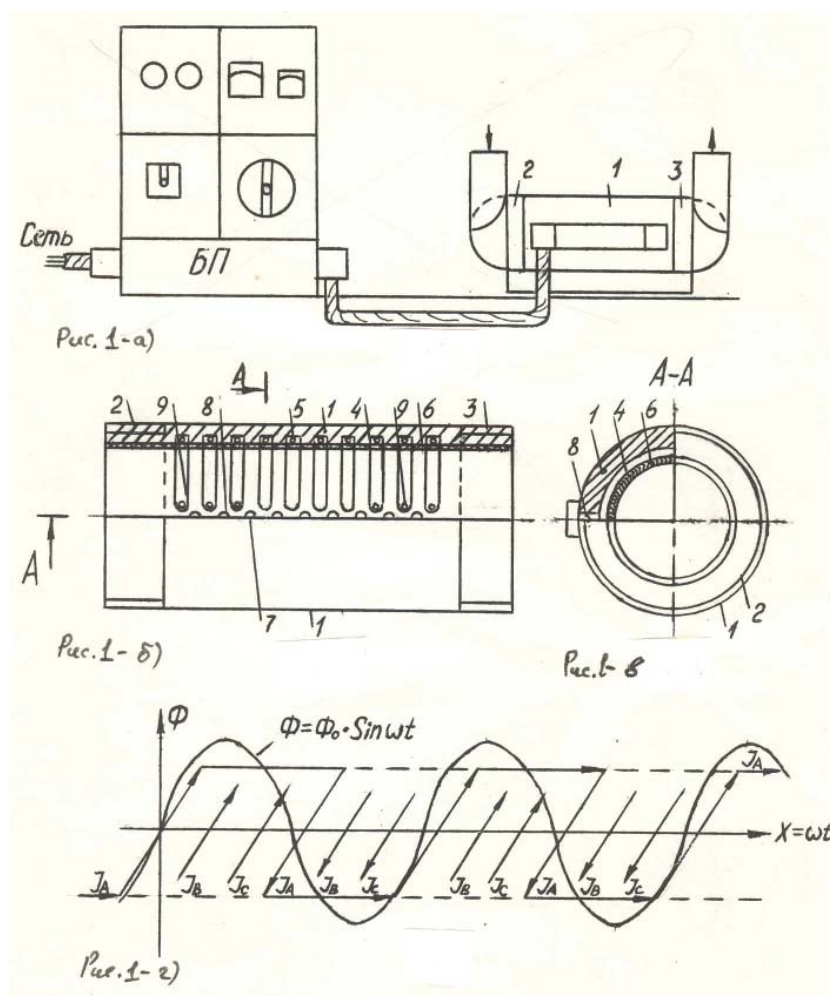


Рис. 1. (Рис. 1 по источнику /3/)

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.

П-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:

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

$$\begin{aligned} \Phi_b &= \Phi_o \cdot \sin(\omega t + 120^\circ - 120^\circ) = \\ &= \Phi_o \cdot \sin \omega t \quad (12-в) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_c &= \Phi_o \cdot \sin(\omega t + 240^\circ - 240^\circ) = \\ &= \Phi_o \cdot \sin \omega t \quad (12-с) \end{aligned}$$

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

$$\Phi_{\text{общ}} = 3\Phi_f \sin \omega t \quad (12)$$

Таким образом, вдоль образующей цилиндрической поверхности внутри корпуса создается бегущая волна магнитного поля, амплитуда которой $3\Phi_o$ смещается с течением времени на величину: $\varphi = \omega t$ (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 гидропотока 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 реак-

тивных мощностей, как это описано в литературе, на которую придется ссылаться по ходу расчетов и проектирования. Исходя из общего выражения величины энергии магнитного поля:

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

где $B = \mu\mu_0 H$, (15) если $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ 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:

$$S_m = \sqrt{P} \quad (16) \quad \text{и} \quad 60 = S_m \cdot N_1 \quad (17)$$

где S_m – площадь сечения магнитопровода в см²,

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:

$$R = \rho \frac{I_{np}}{S_{np}} \quad (18) \quad \text{и} \quad L = \mu\mu_0 \cdot \frac{N^2}{l_k} \cdot S_m \quad (19),$$

где R – активное сопротивление проводника в Ом,

ρ – удельное сопротивление проводникового материала в Ом.мм²/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:

№ п/п	Наименование расчетных величин	Расчетная Формула	Единица измерения
1	Полная мощность	$S_3 = 3U_\phi I_\phi$	ВА
2	Активная мощность	$P = 3U_\phi I_\phi \cos\varphi$	Вт
3	Сила тока фазного	$I_\phi = S_3 / 3U_\phi$	А
4	Допустимое сечение провода	$S_{np} = I_\phi / i_{np}$	мм ²
5	Сечение магнитопровода корпуса	$S_m = \sqrt{P}$	см ²
6	Количество витков обмотки на 1 в	$N_1 = 60 / S_m$	ВИТКОВ
7	Активное сопротивление фазы	$R_\phi = \rho \frac{I_{np}}{S_{np}}$	Ом
8	Индуктивность фазы обмотки	$L_\phi = \mu\mu_o \frac{N^2}{I_{np}} S_m$	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	$I_\phi = U_\phi / Z_\phi$	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% насыщения)

Плотность – $\rho_{ж} = 1,2$ кг/л

Температура – $T = + 18$ °С

Б. Рабочий режим – непрерывный в погружном положении.

В. Рабочие характеристики насоса в непрерывном режиме:

Производительность – $Q = 1$ л/сек

Напор на выходе – $H = 40$ м

Общий к.п.д. – $\eta = 50\%$

Коэффициент мощности – $\cos\varphi = 0,5$

Напряжение фазное – $U_\phi = 220$ В

Частота тока – $f = 50$ 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:

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

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:

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

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 $i_{\text{пр}} = 5 \text{ А/мм}^2$ – 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: $N_1 = 60/30 = 2$ витка на 1 вольт.

7) По фазному напряжению $U_{\phi} = 220$ 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:

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

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:

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

8) С учетом значений по пп 5) и 7) ширину полюса принимаем $h_{\text{п}} = 5$ мм.

Тогда из геометрических соображений можно определить кольцевой периметр полюса:

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

Это в свою очередь позволяет определить внутренний диаметр канала насоса:

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

Полагая ширину магнитопровода фазы не менее ширины полюса, получим для толщины стенки корпуса: $h_{\text{кор}} = 3 h_{\text{пол}} = 15$ мм, что приводит к возможности вычисления внешнего диаметра корпуса насоса:

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

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

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

С учетом торцевых частей корпуса принимаем общую длину насоса:

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

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

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

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

$S_{\text{пол}} = 10 \text{ см}^2$ – 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:

$$L_1 = \mu\mu_o \frac{N_\phi^2}{l_k} \cdot S_m =$$

$$= 4\pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(25)^2}{3 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^{-3} = 0,025 \text{ гн}$$

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

$$X_\phi = \omega \cdot L_\phi = 314 \cdot 0,2 \text{ гн} \cong 63 \text{ ом}$$

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

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

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:

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 часты тока, как это отмечается в литературе /10/ и др.

IV. Особенности конструктивного исполнения модели насоса

IV-1. Общий вид насоса

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.

IV-2. Корпус насоса

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.

№ п/п	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_ϕ	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

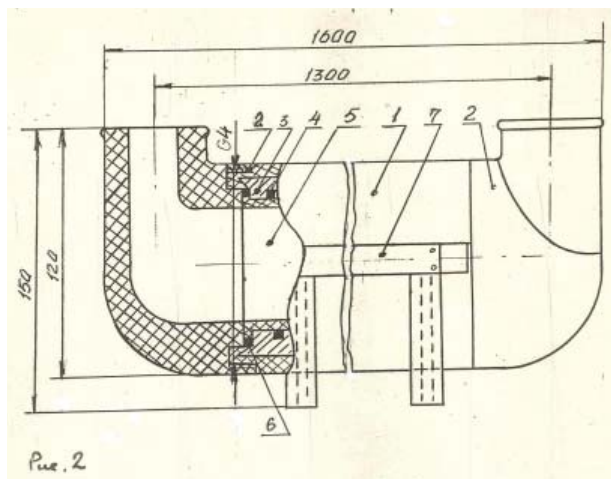


Рис. 2 (Рис. 2. по источнику /3/)

№ 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

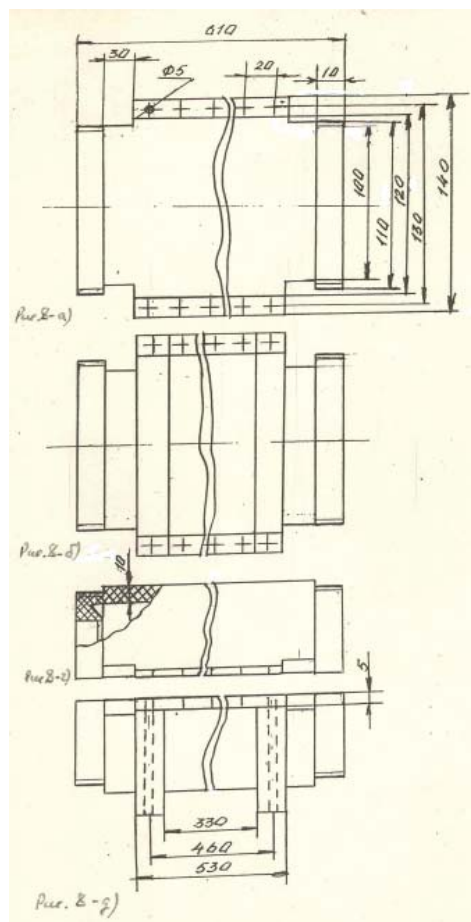
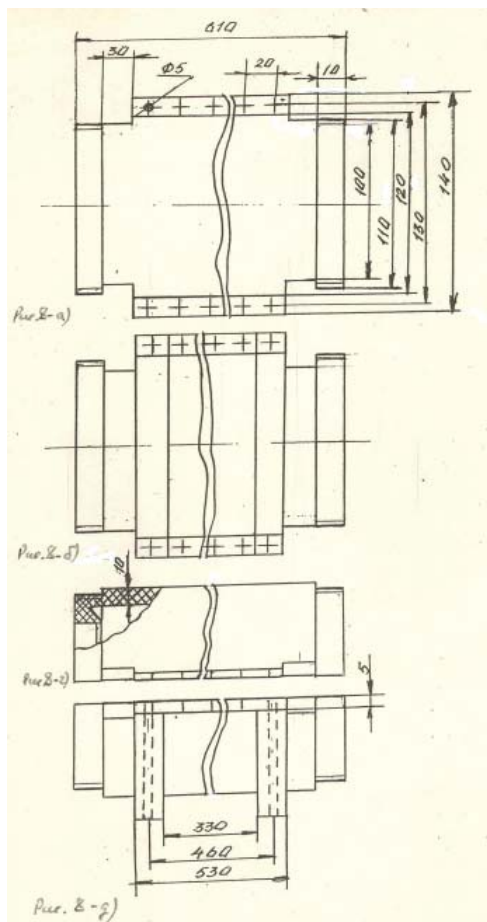


Рис. 3. Корпус насоса (рис. 8 по источнику /3/)

IV-3. Магнитопровод насоса

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.

IV-4. Обмотка насоса

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.

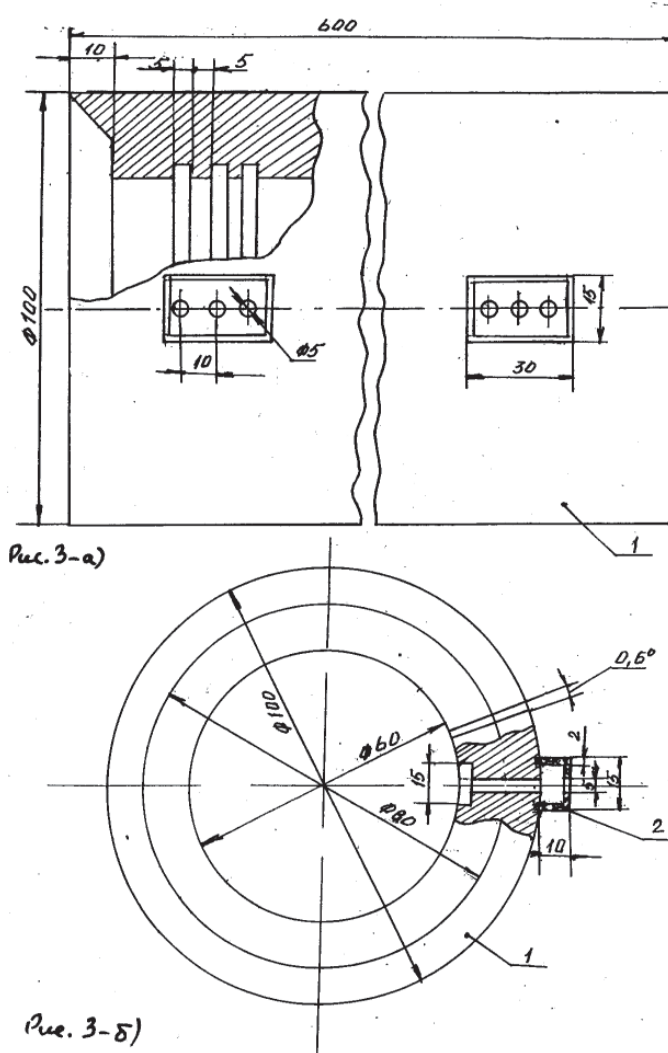


Рис. 4. Магнитопровод индуктора насоса (Рис. 3 по источнику /3/)

№ п/п	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	

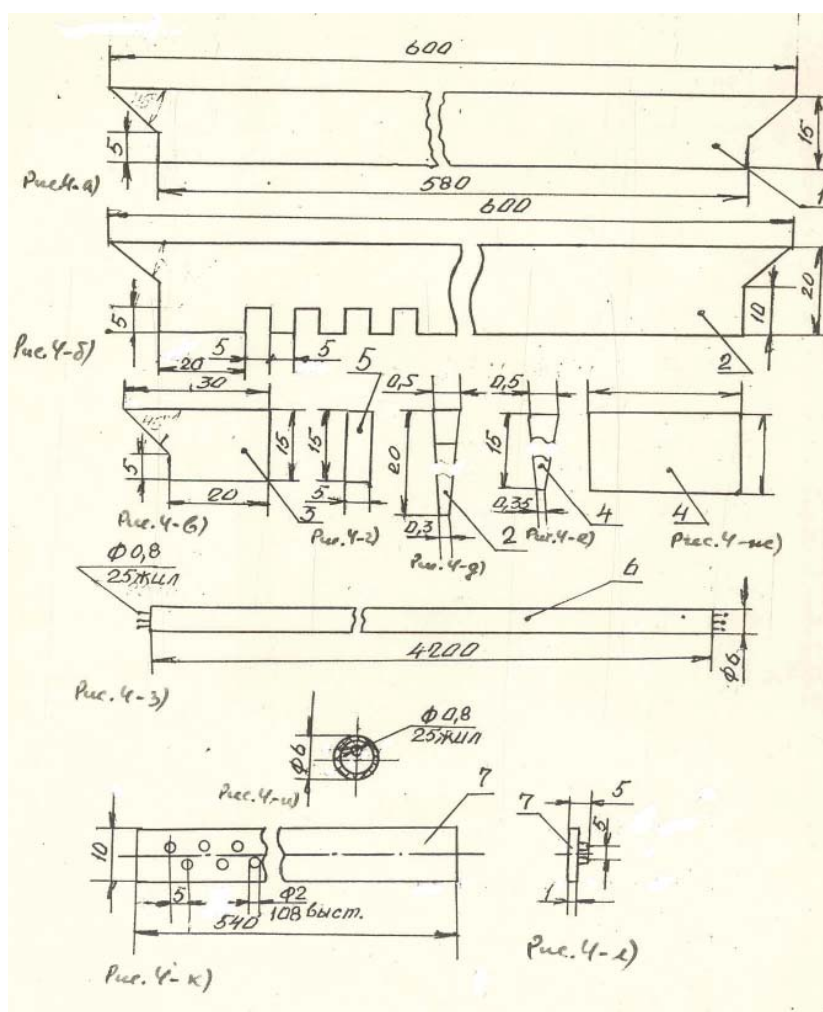


Рис. 5. Комплектующие детали индуктора и обмотки (Рис. 4 по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материалов	Примечание
1	Пластина лобовая	Э310	21427.4-78	18 шт.
2	Пластина полюсная	Э310	21427.4-78	610 шт.
3	Пластина торцевая	Э310	21427.4-78	10 шт.
4	Пластина промежуточная	Э310	21427.4-78	10 шт.
5	Пластина выводная	Э310	21427.4-78	10 шт.
6	Жгут ПЭВ	ПЭВ	7262-78	3 шт.
7	Пластина упорная	Ф-50	ТУ 6-05-60-77	Рис.6

Выводы обмотки через отверстия в магнитопроводе и фиксаторе выводов присоединяются с помощью пайки к клеммам колодки со сторон начала и конца каждой фазы. С помощью многожильного жгута по числу жил в обмотке фазы все витки каждой фазы соединяются между собой последовательно, образуя лишь один конец

и одно начало фазы. Концы всех фаз соединяются между собой и их место соединения обязательно изолируется с помощью трубки ПВХ или изолянта, а начала всех тех фаз через отверстия в колодке выводятся к штепсельному разъему электрокабеля от блока питания (на чертежах не показаны как типовые.)

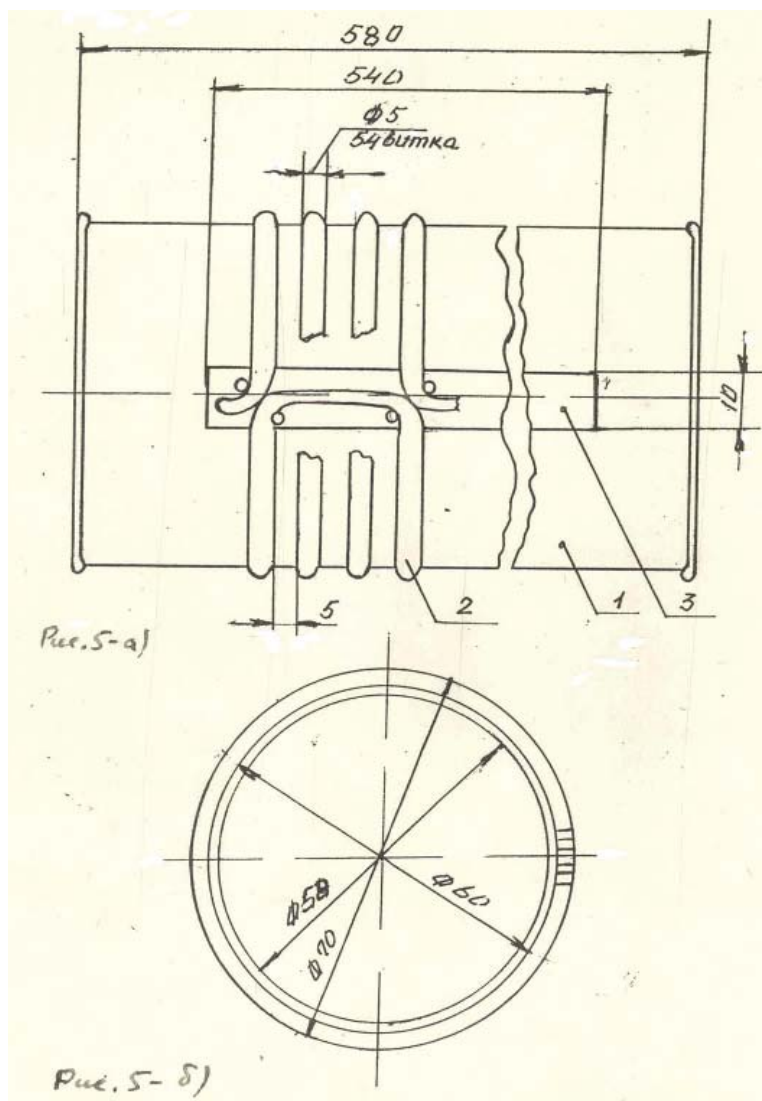


Рис. 6. Обмотка индуктора (Рис. 5 по источнику /3/)

№ п/п	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. Рабочая камера и коллектор обмотки насоса

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 электроизоли-

рованных соединений обмотки индуктора насоса. 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).

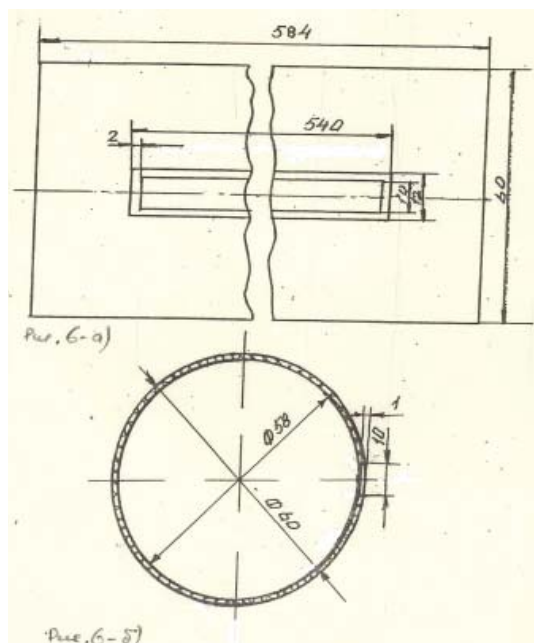


Рис. 7. Рабочая камера насоса (Рис. 6 по источнику /3/)

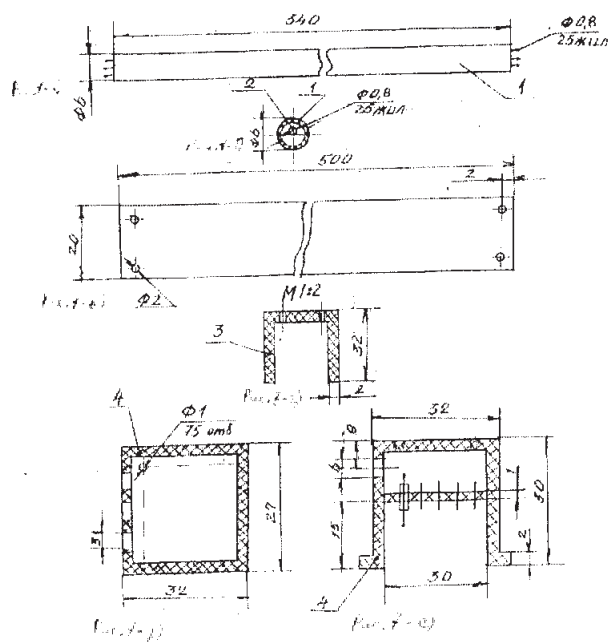


Рис. 8. Коллектор обмотки индуктора (Рис. 7 по источнику /3/)

№ п/п	Наименование частей	Марка	ГОСТ или ТУ материалов	Примечание
1	Трубка	ПХВ	14332-78	3 шт.
2	Жила	ПЭВ	7262-78	75 шт.
3	Крышка	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	
4	Колодка	Ф-50	ТУ 6-05-600-77	2 шт.

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

Литература к разделу IV. Обоснование и расчёт устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса

1. Вертинский П.А. Магнитодинамика. – Усолье-Сибирское, 1993. – 222 с.
2. Вертинский П.А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики: сб. мат. V науч.-практич. конф. «Сибресурс-2002». – Иркутск: ИГЭА, 2002.
3. Вертинский П.А. Введение в магнитодинамику. – Иркутск: ИрГТУ, 1997. – 144 с.
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.

V. Выводы

1. Вывод магнитодинамики о зависимости ЭДС от $(1/r^2)$ представляет собой принципиальную возможность создания сверхвысоких напряжений в непосредственной близости от первичных проводников с переменными токами, позволяя осуществлять подвод электромагнитной энергии в область сплошных сред.

2. Проточный магнитодинамический электролизёр по патенту РФ № 2147555 на магнитодинамический аппарат для производства гидроксида натрия электрохимическим способом на переменном токе обеспечивает техническую возможность производства сильного дезинфицирующего раствора из широко распространенного ресурса – соли поваренной. Для работы аппарата требуется блок электропитания и емкости для раствора соли поваренной и готового дезинфицирующего раствора.

3. Так как в магнитодинамическом электролитном насосе в результате суперпозиции трёхфазного магнитного поля индуцируется асинхронный короткозамкнутый ток, который увлекается за бегущей волной магнитного поля вместе с рабочей средой, то это явление приводит к образованию гидротока по каналу насоса в направлении порядка следования фаз напряжения на фазных обмотках насоса. Так как по каналу насоса отсутствуют 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 фазных обмотках с помощью коммутационной аппаратуры.

4. Так как рабочий канал магнитодинамического электролитного насоса не содержит никаких рабочих органов, механических препятствий гидротоку, то данное обстоятельство позволяет использовать его в качестве водонасосной станции, которая обеспечит обработку воды одновременно с её транспортировкой, осуществляя процессы электрохимического обеззараживания, электрохимического окисления и электрофлотации.

Список литературы

1. Вертинский П.А. Перспективы применения магнитодинамического электролитного насоса для дегельментизации сельскохозяйственных отходов. – URL: <http://www.econf.rae.ru/article/7279>
2. Способ обработки, в том числе предварительной, жидкого навоза или отходов производства биогаза, обеспечивающий удаление вредных компонентов, в частности азота, фосфора и молекул пахучих веществ» / ПАТЕНТ RU № 2463259 C02F11/02 (2006. 01) (72) Автор(ы): АЛИТАЛО Анни (FI), АУРА Эрки (FI), СЕПЯЛЯ Ристо (FI) (73) Патентообладатель: ПЕЛЛОН ГРУП ОЙ (FI).
3. Вертинский П.А. К магнитодинамике устройства и работы установок холодного термоядерного синтеза. – URL: <http://econf.rae.ru/article/8803>
4. Вертинский П.А. Обоснование и расчёт устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса. – URL: <http://www.econf.rae.ru/article/5071>