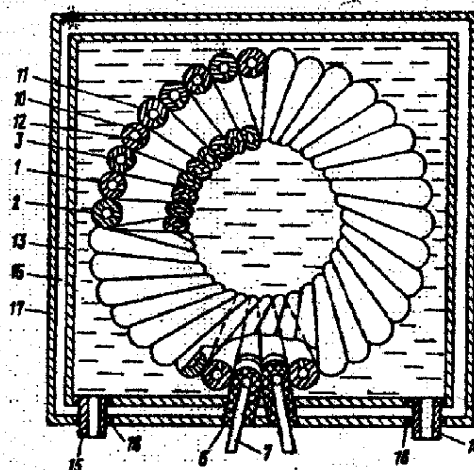


П.А. ВЕРТИНСКИЙ

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОДИНАМИКИ

Реферативный сборник

ВЫПУСК 2



Иркутск - 2008



П.А. ВЕРТИНСКИЙ

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОДИНАМИКИ

Реферативный сборник

Выпуск 2

Иркутск - 2008



УДК 537.84

ББК 31.2

В 35

Вертинский П.А.

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОДИНАМИКИ: реферативный сборник. – Вып. 2. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. - 96 с.

В настоящем издании собраны статьи автора, опубликованные в течение последних десяти лет в различных сборниках (труды Иркутской государственной сельскохозяйственной академии, материалы региональной научной конференции «Интеллектуальные и материальные ресурсы Сибири» - «Сибресурс», Вестник Иркутского регионального отделения АН ВШ РФ, Материалы Всероссийского научного семинара ИВМ СО РАН «Моделирование Неравновесных Систем» и другие региональные издания), отличительная особенность которых - малые тиражи предопределяла опубликованным работам практическую недоступность для широких кругов специалистов. С целью расширить круг специалистов, преимущественно физико-технических профилей, издаётся настоящий сборник тремя тематическими выпусками:

Выпуск 1. Проблемы аксиоматики теории размерностей в топологии

Выпуск 2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОДИНАМИКИ

Выпуск 3. Электрогидродинамические задачи гидравлики.

Автор надеется, что сборники будут полезными не только инженерам, но также аспирантам и научным сотрудникам.

Отпечатано с матриц, предоставленных автором

ISBN 978-5-8038-0530-4



01. МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИЙ СИЛОВОЙ ПРИВОД

Краткое теоретическое введение.

Традиционная электротехника на основе классической электродинамики не могла увидеть возможностей спирально-конических обмоток, так как не только функциональные возможности, но даже конструктивные исполнения таких обмоток не являются самоочевидными с позиций классической электродинамики [1]. Действительно, используя в качестве силовой характеристики

магнитного поля величину магнитного натяжения [2]: $T = \frac{I}{2\pi r}$ (1),

можно лаконично выразить величину плотности энергии

магнитного поля [3]: $\omega = \mu_o \mu T^2$ (2), которая сразу позволяет выразить величину магнитодинамического взаимодействия как производную от энергии по расстоянию:

$f = \frac{dW}{dr} = \frac{d(\omega V)}{dr} = \frac{C}{r^2}$ (3), где $C = \text{Const}$ вбирает в себя все

постоянные величины, которое открывает перспективы многочисленных технических решений на основе магнитодинамики [4]. Этот самоочевидный в магнитодинамике вывод (3) в классической электродинамике можно получить путём длительных преобразований, освобождаясь от величин напряженности и индукции магнитного поля. Действительно, так как энергию магнитного поля можно

представить известным выражением [5]: $W = \int_V \frac{BH}{2} dV$ (4), то для

замкнутого магнитопровода с двумя обмотками и одним воздушным зазором в магнитной цепи это выражение может быть

записано из двух частей: $W_{об} = W_{cm} + W_v = V_{cm} \int_0^B H_{cm} dB + V_v \frac{B^2}{2\mu_o}$ (5).

Из этого выражения следует, что энергия поля в воздушном зазоре

выражается: $W_v = V_v \frac{B^2}{2\mu_o}$ (6). Обозначив точки I_1 и I_2 по

намагничивающим обмоткам из чисел витков N_1 и N_2 соответственно, можно выразить намагничивающую силу:

$$F = I_1 N_1 + I_2 N_2 \quad (7).$$

Тогда индукцию магнитного поля в воздушном зазоре можно

выразить: $B = \frac{F - H_{cm} l_{cn}}{h}$ (8), если обозначить: h - ширину



воздушного зазора, а l_{cm} - длину средней силовой линии в стальном сердечнике магнитопровода. Таким образом, энергию магнитного поля в воздушном зазоре можно выразить более подробно:

$$W_{\epsilon} = \frac{\mu_o}{2} \frac{V_{\epsilon}}{h^2} (F - H_{cm} l_{cm})^2 \quad (9). \text{ Считая неизменными все параметры}$$

магнитной цепи кроме h - ширины воздушного зазора, можно выражение (6) переписать:

$$W_{\epsilon} = \frac{C}{h^2} \quad (10), \text{ где: } C = \frac{\mu_o}{2} V_{\epsilon} (F - H_{cm} l_{cm})^2 \quad (11).$$

Если теперь воздушный зазор h разделить на n частей h_1 ,

сохранив общую ширину зазора по условию: $h = nh_1$ (12), то в силу закона сохранения энергии не вызывает сомнения равенство:

$$W_{\epsilon} = nW_{1\epsilon} \quad (13)$$

Тогда сила между полюсами зазора как производная этого выражения (13) может быть записана:

$$f_{об} = \frac{d}{dh} (W_{об}) = \frac{d(nW_{1\epsilon})}{d(nh_1)} = \frac{dW_{1\epsilon}}{dh_1} = \frac{C}{nh_1^2} = nf_1 \quad (14).$$

Из этой зависимости (14) очевидно следствие о неравнозначности магнитных усилий в магнитных цепях с разделенными воздушными зазорами в магнитопроводе при неизменной общей ширине первоначального зазора. Данный вывод позволяет конструктивное выполнение замкнутых магнитных цепей переменной длины в виде сердечников с периферийными обмотками, соединенных с источником тока по заданным схемам.

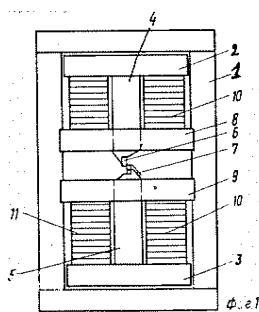
Такой магнитопровод переменной длины может быть использован в качестве магнитодинамического привода в машинах и механизмах. Так как все электротехнические параметры такого привода сравнимы с параметрами роторного привода, то магнитодинамический привод позволяет улучшить массово-габаритные показатели за счёт непосредственного преобразования электромагнитной энергии в механическую работу рабочего органа, то есть увеличить удельную мощность электропривода. Данная особенность на практике важна в



так называемых тихоходных машинах и механизмах, где при малых скоростях необходимы высокие усилия. Роторные конструкции электропривода такие усилия развивают за счёт промежуточных преобразователей, редукторов, которые не только снижают общий к.п.д., но значительно ухудшают массово-габаритные показатели. Исторически первые электромашины с возвратно-поступательным движением обмоток [6] не получили распространения из-за крайне низкого к.п.д. вследствие большого рассеивания магнитного поля в единственном большом воздушном зазоре между полюсами электромагнита. Так как наш вывод (14) позволяет конструктивно исполнить магнитопровод переменной длины из большого числа электромагнитов с малыми воздушными зазорами между полюсами, то данное обстоятельство предотвращает рассеивание магнитного поля и обеспечивает к.п.д., сравнимый с к.п.д. роторных машин, но обладающих большой удельной мощностью. Изложенные выводы иллюстрируются серией изобретений автора.

1. НОЖНИЦЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПО ПАТЕНТУ № 1424988 РФ

Ножницы предназначены для резки проката, могут быть использованы в качестве штамповочного пресса и



т. п. На рис. 1 изображен общий вид ножниц, на рис. 2 – то же, вид сбоку, на рис. 3 – схема соединения обмоток привода ножниц, на рис. 4 – разрез по А-А рис. 3, на рис. 5 – принципиальная электросхема привода в режиме работы магнитодинамического пресса.

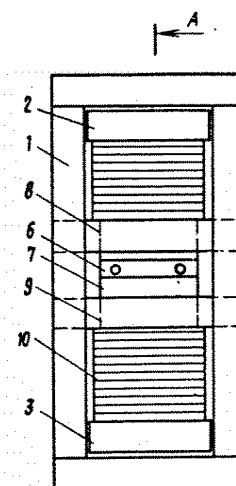
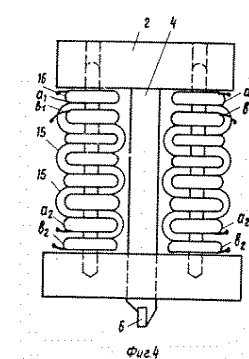


Рис. 1 (фиг. 1 по [7]) Ножницы содержат станину 1, в которой установлены подвижные верхняя 2 и нижняя 3 траверсы со штоками-держателями 4 и 5 ножей 6 и 7, проходящих через окна неподвижных траверс 8 и 9. Привод ножниц

Рис. 2 (фиг. 2 по [7])



выполнен в виде двух параллельных комплектов 10 парных дисков 11 с периферийными обмотками 12, расположенных на направляющих стержнях 13. Диски 11 образованы тарелками 14 со скошенными внутрь кромками, в пазу между которыми уложена обмотка 12. Выводы обмотки 12 соединены в две чередующиеся дисками 11

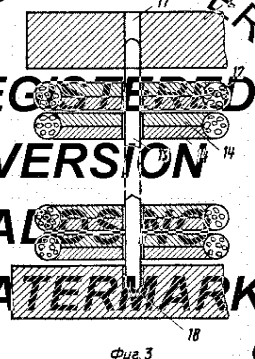


Рис. 3 (фиг. 4 по [7])

Рис. 4 (фиг. 3 по [7])

раздельные цепи, соединенные в цепи проводами 15, а выводами

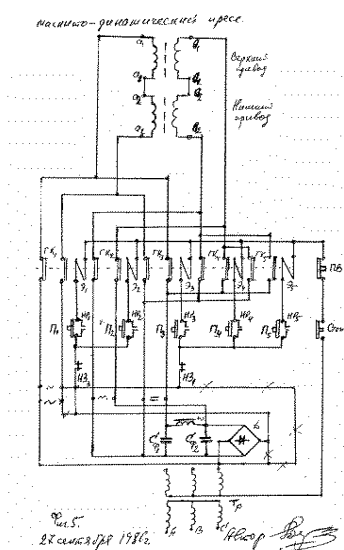


Рис. 5

16 к источнику электропитания: одна цепь к источнику постоянного тока, а вторая – к источнику переменного тока. Стержни 13 через отверстия 17 удерживаются в резьбовых соединениях 18, а поверхности стержней 13 покрыта сухой смазкой. При включении электропитания обмоток 12 диски 11 перемещаются и создают изменения линейных размеров комплектов 10 привода ножниц, что передаётся подвижным траверсам 2 и 3, несущих на себе штоки 4 и 5, снабженные рабочими инструментами, например, ножами, штампами с матрицами и т. п. Одна из возможных принципиальных электросхем ножниц в режиме работы прессы показана на рис. 5.

2. ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКИЙ НАСОС ПО ПАТЕНТУ №1498946 РФ

Перистальтический насос предназначен для перекачивания высоковязких агрессивных рабочих сред. На рис. 1 показан поперечный разрез насоса, на рис. 2 – вид сбоку радиального магнитодинамического двигателя, на рис. 3 – принципиальная электросхема питания насоса. Насос содержит цилиндрический корпус 1, в котором по внутренней поверхности установлен эластичный шланг 2, взаимодействующий с гибким деформируемым ротором 3, имеющем магнитодинамический привод 4, подключенный к источнику 5 электропитания переменным током. Привод 4 выполнен в виде трёх расположенных через равные углы магнитодинамических линейных двигателей 6, образованных установленными на направляющих стержнях 7 с возможностью относительного смещения магнитными дисками 8 с периферийными обмотками 9, соединенных через одну между собой в две группы, одна из которых подключена к источнику электропитания 5 через выпрямитель 10, например, по мостовой схеме. Одни из концов стержней 7 двигателей 6 закреплены на центральной корпусной детали 11, а на вторых концах установлены с возможностью нажимные элементы в виде роликов 12.

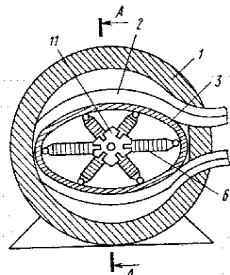


Рис. 1(Фиг.2 по [8])

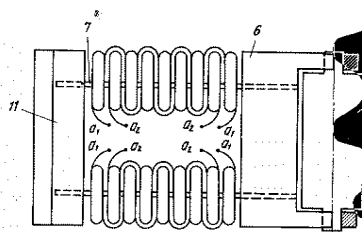


Рис. 2(Фиг.4 по [8])



Рис. 3(Фиг.6 по [8])

Эластичный шланг 2 выполнен из коррозионностойкого материала с компенсаторами 13 по боковым образующим. При подаче электропитания на обмотки 9 диски 8 перемещаются с частотой переменного тока, обеспечивая изменения длины линейных двигателей 6, которые образуют вращение волны деформации гибкого ротора 3, пережимая эластичный шланг 2 в двух диаметрально противоположных сечениях, между которыми образуются бегущие по шлангу 2 рабочие камеры, перемещающие рабочую среду от входа к выходу насоса. Утолщения-компенсаторы 13 снижают напряжение в изгибе стенок шланга 2 деформаций по боковым образующим, обеспечивая длительные сроки эксплуатации.

3. МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИЙ ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКИЙ НАСОС ПО ПАТЕНТУ № 1574906 РФ

Насос по патенту № 11574906 РФ по сравнению с насосом по патенту №1498946 РФ повысить к.п.д., мощность и производительность за счёт предотвращения промежуточных преобразователей движения. На рис. 1 показан поперечный разрез насоса, а на рис. 2 – его продольный разрез диаметральной плоскостью..

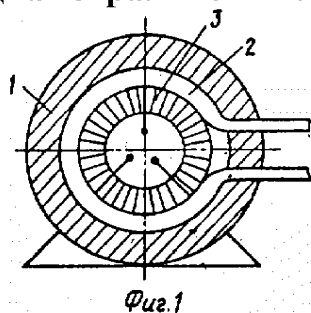


Рис. 1 (Фиг. 1 по [9])

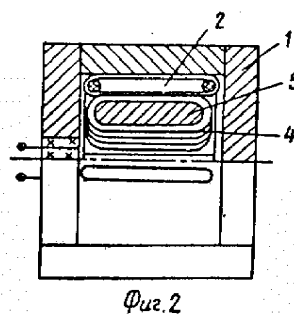


Рис. 1 (Фиг. 2 по [9])

Насос содержит цилиндрический корпус 1, в котором по внутренней поверхности установлен эластичный шланг 2, взаимодействующий с гибким деформируемым ротором 3, имеющим размещенный внутри него магнитодинамический привод 4 в виде установленных с возможностью относительного смещения на гибких направляющих кольцевых элементах 5, по меньшей мере, трёх сдвоенных наборов магнитных сердечников 6 с периферийными обмотками 7, включенных через одну в две группы 8 и 9, одна из которых подключена к источнику постоянного тока, а вторая к источнику переменного тока. При подаче электропитания на обмотки 7 происходит перемагничивание сердечников 6, сопровождающееся изменением длин фазных участков гибкого ротора, образуя по его поверхности бегущую волну деформации, которая пережимает шланг 2 в двух диаметрально противоположных сечениях, между которыми образуются бегущие по шлангу 2 рабочие камеры, перемещающие рабочую среду от входа к выходу насоса.

4. МАГНИТО - ДИНАМИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ - ГЕНЕРАТОР ПО ЗАЯВКАМ № 3911730 / 07 – 4073321 / 07 РОСПАТЕНТА

Двигатель-генератор представляет собой машину возвратно-поступательного движения обмоток относительно друг друга, поэтому может быть использована в качестве тихоходной электромашины с регулируемыми в широких пределах параметрами.

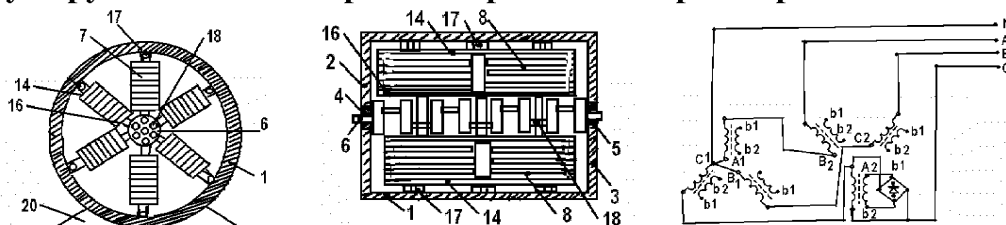


Рис. 1 (фиг. 2 по [3]) Рис. 2 (фиг. 1 по [3]) Рис. 3 (фиг. 5 по [3])

На рис. 1 показан поперечный разрез электромашин, на рис. 2 - её продольный разрез, а на рис. 3 представлена принципиальная электросхема двигателя-генератора с обмотками, соединенными по схеме звезда-зигзаг. На рис. 4 показан вид магнито-динамического шатуна сбоку, а на рис. 5 разрез одного ряда шатуна по его оси.

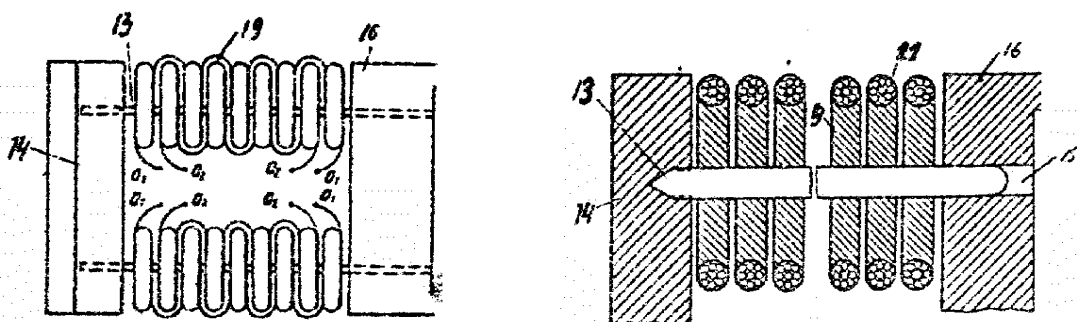


Рис. 4 (фиг. 3 по [3])

Рис. 5 (фиг. 4 по [3])

Двигатель-генератор состоит из цилиндрического корпуса 1, в торцовых крышках 2 и 3 которого установлены подшипники 4 и 5, в которых на коленчатом валу 6 размещены магнито-динамические шатуны 7, соединенные между собой в две симметричные системы в противофазе друг другу. Каждый шатун 7 содержит по два столба 8 листов 9 из тарелок 10 с периферийными обмотками 11. Листы 9 имеют отверстия 12 для направляющих стержней 13 между неподвижным якорем 14 и сквозным отверстием 15 подвижного якоря 16. Якоря 14 шарнирами 17 и укреплены к корпусу 1, а якоря 16 шарнирами 18 соединены с коленвалом 6. Обмотки 11 проводами 19 соединены в две системы чередующихся дисков листов 9 по заданной схеме: одна система - к источнику постоянного тока, а вторая - к источнику переменного тока. В сборе машина установлена на станине 20. В варианте исполнения генератора при вращении от привода коленвала 6 шатуны 7 периодически изменяют свои линейные размеры, изменяя соответственно и величины зазоров между дисками 9 с обмотками 11. В результате при протекании по обмоткам возбуждения постоянного тока в генераторе индуцируется переменный.

ток заданной частоты, определяемой скоростью вращения коленвала 6. В варианте исполнения двигателя на обмотки переменного тока подаётся переменное напряжение заданной частоты, что приводит к периодическому перемагничиванию листов 9, изменяя взаимодействие листов переменного тока с листами постоянного тока, что приводит к периодическому изменению линейных размеров шатунов 7, создавая вращение коленвала 6 с заданной скоростью, определяемой частотой переменного тока электропитания двигателя.

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СПТГ ПО ПАТЕНТУ № 1570617 РФ

Электрический генератор представляет СПТГ с неподвижными криостатом и соединением с рефрижераторной установкой. На рис. 1 показан разрез криостата с видом обмотки генератора с $\frac{1}{4}$ выреза, на рис. 2 показан поперечный разрез криостата по всем обмоткам, на рис. 3 – схема устройства токоподвода и хладагента СПТГ [8].

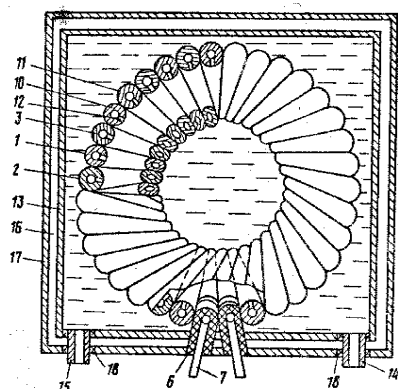


Рис. 1 (фиг. 1 по [10])

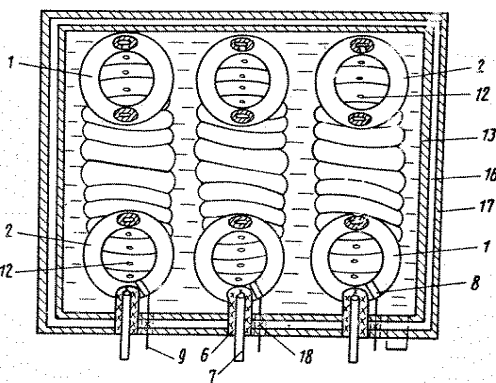


Рис. 2 (фиг. 2 по [10])

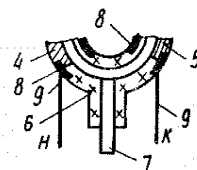


Рис. 3 (фиг. 3 по [10])

Генератор содержит тороидальные бмотки якоря 1 и возбуждения 2, выполненные из трубчатого провода 3 с чередующимися витками, концы которых 4 и 5 с помощью изолирующего тройника 6 присоединены к отводу 7 криогенной установки. Обжимные кольца 8 с токоотводами 9 соединены со схемой электропитания обмоток возбуждения и электросетью нагрузки по заданной схеме. Сверхпроводящий слой 10 на проводе 3 закреплен эпоксидной плёнкой 11. Витки обмоток 1 и 2 имеют отверстия 12 внутри полости торцов обмоток и плотно прижаты друг к другу. Каждый тор обмоток 1 и 2 помещен в стационарный криостат 13 с выводами патрубками 14 и 15, между криостатом 13 и внешним магнитным экраном 17 выполнена вакуумная изоляция 16. Выводы 9 обмоток 1 и 2 через пробки 18 подсоединены к электросхеме сети. После захолаживания генератора от внешнего источника постоянного тока подаётся напряжение возбуждения, после образования тока возбуждения последний может быть «заморожен», а внешний источник тока возбуждения отключен. При подаче хладагента импульсами давления в полость торцов обмоток 1 и 2 последние

раздвигаются, совершая возвратно-поступательное движение относительно друг друга, что приводит к образованию ЭДС индукции в обмотке якоря, создавая напряжение на выходе СПТГ.

6. ВИНТОВАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА ПО ПАТЕНТУ № 1823092 РФ

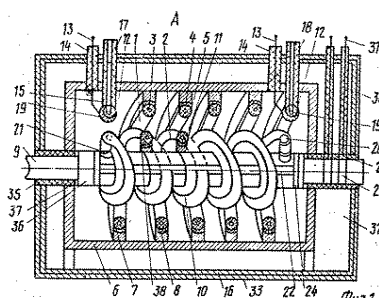


Рис.1 (фиг.1 по [11])

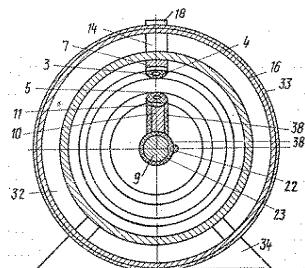


Рис.2 (фиг.2 по [11])

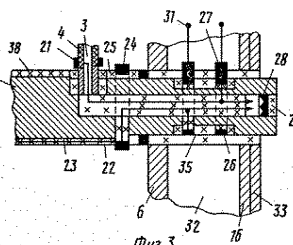


Рис.3 (фиг.3 по [11])

В отличие от СПТГ по патенту № 1570617 РФ винтовая электромашина по патенту № 1823092 РФ обратима, то есть конструктивно выполняется и в качестве электрогенератора, и в качестве электродвигателя, являясь вместе с этим СПТГ с неподвижным криостатом, соединенным со стационарным рефрижератором неподвижным трубопроводом. На рис. 1 показан продольный разрез винтовой электромашины, на рис. 2 – её поперечный разрез, на рис. 3 – разрез по оси коммутационного узла электромашины.

Электромашина состоит из обмотки статора 1 и ротора 2 в виде обмоток цилиндрических спиралей (винтовых линий) из трубчатого провода 3, на поверхности которого нанесен слой сверхпроводящего проводника 4, закрепленного эпоксидной плёнкой 5. Статорная обмотка 1 закреплена на стенках криостата 6 винтовыми упорами 7 с теплоизоляцией 8. Роторная обмотка 2 закреплена на валу 9 винтовыми упорами 10 с теплоизоляцией 11. С помощью обжимных колец 12 выполнены токоотводы 13 обмотки 1 через пробки 14. Пробки 15 выводят наружу корпуса 16 патрубки 17 и 18 для соединения с рефрижератором. Трубчатые провода 3 винтовых обмоток 1 и 2 снабжены отверстиями 19 и 20 в полость криостата 6. Обмотка 2 обжимными кольцами 21 на коаксиальной прокладке 22 с прокладкой 23. обрубком 24 с прокладкой 25 выведена к токоотводам со скользящими контактами в виде колец 26 и щеток 27, которые шунтированы подвижной перемычкой 28 на пробке 29. Через пробки 30 щетки 27 имеют выводы 31. Криостат 6 имеет вакуумную термоизоляцию 32 и помещен внутри магнитного экрана 33, размещенном на основании 34. Между подшипниками 35 и упорными выточками 36 вала 9 помещены упорные шайбы 37, поверхность вала 9 покрыта изолирующим слоем 39.

После захлаживания машины осуществляется запуск обмотки возбуждения 2 от внешнего источника постоянного тока через выводы 31, после чего при достижении заданной ЭДС ток

возбуждения может быть заморожен путём закорачивания обмотки 2 перемычкой 28 на пробке 29. При вращении ротора от первичного двигателя (турбины) витки обмотки 2 возбуждения, перемещаясь относительно витков обмотки 1 статора, индуцируют в ней ЭДС, создавая на выводных клеммах 13 напряжение заданной частоты, определяемой скоростью вращения вала 9. При подаче на клеммы 13 внешнего электрического переменного напряжения заданной частоты по обмотке 1 создаётся электрический ток, который взаимодействует с током возбуждения по обмотке 2, образуя вращающий момент заданных направления и величины.

7. МАГНИТО - ДИНАМИЧЕСКОЕ СВАРОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ПО ПАТЕНТУ № 2041779 РФ

Устройство предназначено для сварки труб встык и может быть использовано на монтаже и ремонтных работах трубопроводных магистралей, для сварки труб в труднодоступных местах и неповоротных стыков. На рис. 1 показан вид устройства с торца, на рис. 2 – поперечный разрез устройства плоскостью по стыку свариваемых труб. Устройство состоит из двух идентичных створок 1 и 2 индуктора с кольцевой коаксиальной обмоткой 3, уложенной в пазу 4 на внутренней стороне створок 1 и 2 и закрытой щитками 5. Обмотка 3 состоит из двух полуобмоток из полувитков, соединенных между собой жилами в петле 6, выведенной за шарнирные соединения 7 и 8 и контактами штепсельного разъёма 9 на пластинах 10 со штепселями 11. Начало 12 и конец 13 обмотки 2 выведены на клеммную колодку 14 для подключения к источнику

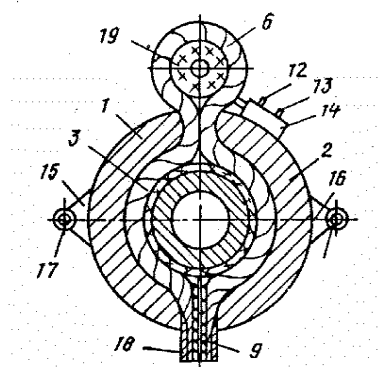


Рис.1 (фиг. 1 по [12])

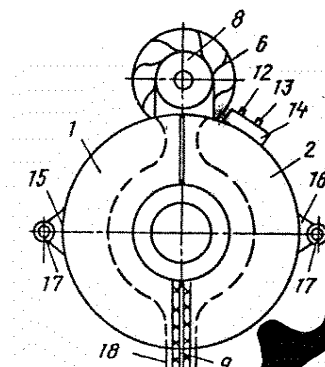


Рис.2 (фиг. 3 по [12])

электропитания переменным током. Снаружи на створках 1 и 2 выполнены кронштейны 15 и 16 с шарнирами 17 для присоединения манипуляторов, на концах створок 1 и 2 выполнены ручки 18 для пластин 10 штепсельного разъёма 9, внутри петли 6 помещен изолирующая втулка 19. После обхвата стыка 20 свариваемых труб створками 1 и 2 индуктора включается электропитание обмотки 3, которая является первичной обмоткой трансформатора, вторичной

обмоткой которого служат кромки свариваемых труб 20, поэтому в них индуцируются короткозамкнутые поверхностные кольцевые токи, оплавливающие свариваемые кромки. Силами Ампера индукционные кольцевые токи стягивают оплавленный металл кромок в зазор шва, где он удерживается силами поверхностного натяжения, а после выключения электропитания затвердевает, образуя сварной шов по всему периметру стыка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видим, сокращенно изложенные выше устройства по патентам РФ №№ 1424998, 1498946, 1574906, 1570617, 1823092, 2041779 можно продолжать ещё долго другими изобретениями автора по [3], которые убедительно подтверждают преимущества электросиловых устройств, использующих наш фундаментальный вывод (14):

$$f_{об} = \frac{d}{dh} (W_{об}) = \frac{d(nW_1e)}{d(nh_1)} = \frac{dW_{1e}}{dh_1} = \frac{C}{nh_1^2} = nf_1 \quad (14),$$

являющийся частным следствием одного из фундаментальных

выводов магнитодинамики:
$$f = \frac{dW}{dr} = \frac{d(\omega V)}{dr} = \frac{C}{r^2} \quad (3).$$

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Вертинский П.А. К вопросу о полноте аксиоматики физических теорий // Вестник ИРО АН ВШ РФ № (1) 4, Иркутск, БГУЭП, 2004.
- 2.Вертинский П. А.«К магнитодинамике электризации вращающегося магнита» // ж. «Электротехника» № 4 / 98, стр.47-49.
- 3.Вертинский П.А. I. Магнитодинамика . г. Усолье-Сибирское. 1993.
- 4.Вертинский П.А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики//Сб.V «Сибресурс», Иркутск,2002.
- 5.Нейман Л. Р. и Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники, Л., «Энергия», 1967.
6. Гусев С. А. Очерки по истории развития электрических машин, М.-Л., Госэнергоиздат, 1955 г., стр. 32 и др.
7. Вертинский П.А. Ножницы для разделения материала // Патент № 1424998 РФ, БИ № 35 / 88.
8. Вертинский П. А. Перистальтический насос // Патент № 1498946 РФ, БИ № 29 / 89
9. Вертинский П.А. Магнито-динамический перистальтический насос // Патент РФ №1574906 , БИ№ 24 / 90.
10. Вертинский П. А. Электрический генератор // Патент № 1570617 РФ, БИ № 2 / 95.
11. Вертинский П. А. Винтовая электрическая машина/ Патент № 1823092 РФ, БИ № 23 / 93.
12. Вертинский П.А. Магнито-динамическое сварочное устройство // Патент РФ №2041779, БИ№ 23 / 95.



02. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗИГЗАГООБРАЗНЫХ ОБМОТОК ДЛЯ СОГЛАСОВАНИЯ И СИММЕТРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

I. Краткое введение.

Промышленная электротехника неизбежно связана с необходимостью обеспечения работы несимметричных нагрузок электрических сетей, значительно снижающих эффективность и качество эксплуатационных параметров установок. Так как промышленная электротехника основана на классической электродинамике, объективно исторически содержащей противоречащий действительности принцип [1], что

$\operatorname{div} \vec{B} = 0$ (1), то на практике применяют многочисленные трудоёмкие мероприятия и сложные приспособления для симметрирования нагрузок электрических сетей (соединения типа «зигзаг» и т.п.) и предотвращения аварийных ситуаций вследствие несимметричности режимов их работы [2].

Вместе с тем, самоочевидный вывод магнитодинамики [1] об электромагнитной индукции при изменении магнитного натяжения вблизи проводника во времени:

$$T = \frac{I}{2\pi r} \quad (2) \qquad \frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt} \quad (3)$$

обращает внимание на принципиальную возможность решения задач симметрирования нагрузок с помощью конструктивного регулирования расстояний между взаимодействующими обмотками. В традиционном электродинамическом анализе подобный вывод 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. Для иллюстрации объективности наших выводов (2) и (3) рассмотрим несколько подобных примеров.

I-1. Зигзагообразная обмотка.

Как известно, взаимная индуктивность обмоток любых форм определяется их геометрическими размерами, взаимными расположением и ориентацией в пространстве, так что ЭДС индукции:

$$E = - \frac{d\Psi}{dt} \quad (4), \text{ где потокосцепление } \Psi = M_{21}i_1 \quad (5)$$

индуктивность $M_{21} = \mu\mu_o \frac{l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{x} - 1 \right) \quad (6),$ то или известном

$i_1 = i_o \sin(\omega t) \quad (7)$ получаем зависимость ЭДС индукции в первом проводе при изменении тока во втором (первичном) проводе на заданном расстоянии от первого:



$$E = \mu\mu_o \frac{l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{x} - 1 \right) \omega i_o \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (8).$$

Если теперь разместить провод с индуцируемым током между двумя сторонами колена изогнутого первичного провода с током по (7), то и направления соответствующих ЭДС индукции во вторичном проводе противоположны друг другу, что можно выразить уравнением: $E_{об} = E_1 - E_2$ (9).

Представим теперь системы таких колен двух изогнутых проводов в виде двух зигзагообразных обмоток, как это показано на рис. I-1-1, сечение которого плоскостью перпендикулярно чертежу представится на рис. I-1-2.

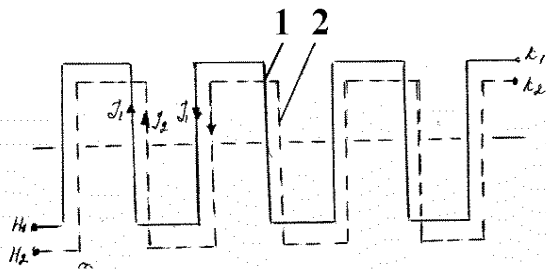


Рис. I-1-1

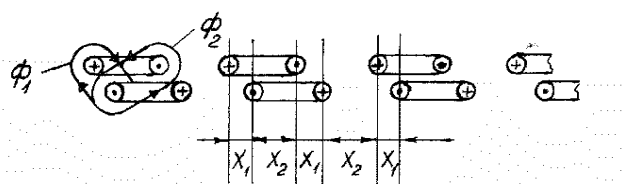


Рис. I-1-2

На этих рис. I-1-1 и рис. I-1-2 обозначены: H_1 и H_2 , K_1 и K_2 - начала и концы этих обмоток, X_1 и X_2 - относительные расстояния между сторонами их колен, а Φ_1 и Φ_2 соответствующие величины и направления общих магнитных потоков этих колен. Из этих соображений становится наглядно понятным принцип управления величиной и направлением ЭДС индукции с помощью изменения относительного расстояния между проводами, который является самоочевидным с позиций магнетодинамики [3]. Если теперь представить трёхфазную систему таких зигзагообразных обмоток, как на рис. I-1-3, то можно обнаружить ещё одну примечательную способность этого конструктивного исполнения - возможность создавать бегущее магнитное поле.

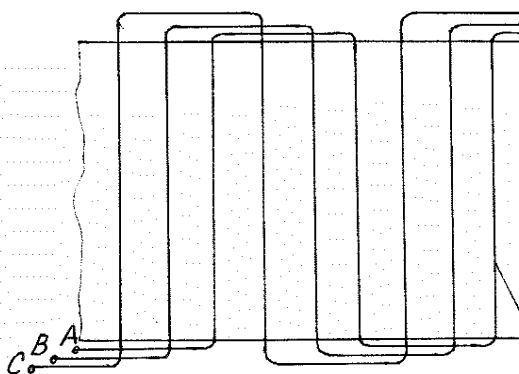


Рис. I-1-3



Рис. I-1-4

Действительно, если представить развертку поверхности с такой обмоткой в виде плоскости, изображенной на рис. I-1-4, то при сдвиге шага зигзага фазных обмоток А, В и С между собой на величину 1/3 шага зигзага величины фазных магнитных потоков можно выразить:

$$\Phi_A = \Phi_o \sin(\omega t) \quad (10-a)$$

$$\Phi_B = \Phi_o \sin(\omega t + 120^\circ - 120^\circ) \quad (10-b)$$

$$\Phi_C = \Phi_o \sin(\omega t + 240^\circ + 120^\circ) \quad (10-c)$$

Суммируя все эти три фазных магнитных потока в заданной точке, получим выражение общего трёхфазного магнитного потока такой зигзагообразной обмотки: $\Phi_{об} = 3\Phi_o \sin(\omega t)$ (10). Так как координата амплитуды общего магнитного потока $x = \omega t$ (11), то такая трёхфазная зигзагообразная обмотка со сдвигом фаз на 1/3 шага зигзага образует общую бегущую в направлении порядка следования фаз волну магнитного потока, амплитуда которого в три раза превышает амплитуду фазного потока данной обмотки. Таким образом, в отличие от известных и широко распространенных в промышленной электротехнике волновых и петлевых обмоток, которые образуют вращающиеся магнитные потоки, зигзагообразная обмотка образует бегущую по поверхности самой обмотки волну магнитного поля [3]. Рассмотрим ряд конкретных технических решений, практически подтверждающих изложенные выше по п. I-1 выводы.

II. Магнитодинамические аппараты.

II-1. Трёхфазно – трёхфазный симметрирующий трансформатор по заявке № 93034018 / 07 Роспатента [4].

Изобретение предназначено для распределения всех фаз нагрузки по первичным фазам сети в соотношении 1 : 1 : 1 и позволяет осуществлять электропитание разнородных нагрузок трёхфазных сетей.

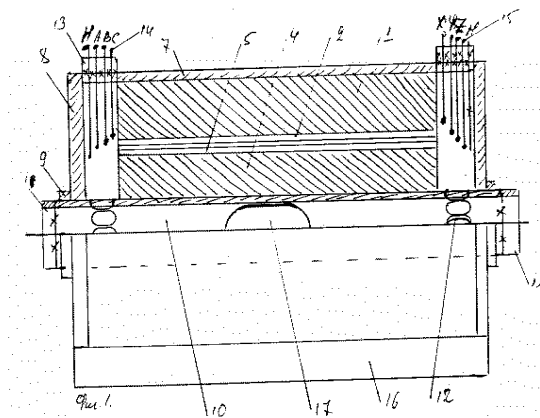


Рис. II-1-1.

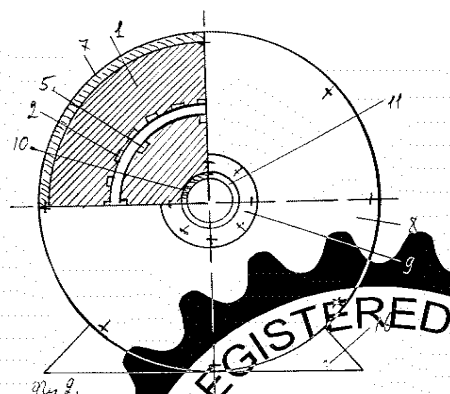


Рис. II-1-2.

На приведенных выше рис. II-1-1 и рис. II-1-2 показаны виды трансформатора сбоку и с торца с 1/4 выреза радиальными плоскостями, позволяющие увидеть все конструктивные особенности изобретения. Трансформатор состоит из статора 1 с пазами 2, в которые вложена первичная трёхфазная зигзагообразная обмотка 3 со сдвигом фаз относительно друг друга на 1/3 шага зигзага по описанному выше на

рис. I-3 и рис. I-4, и неподвижного ротора 4 с пазами 5, в которые вложена вторичная трёхфазная зигзагообразная обмотка 6 со сдвигом фаз относительно друг друга на $1/3$ шага зигзага аналогично обмотке 3 статора 1. Магнитопровод 7 трансформатора снабжен торцевыми крышками 8, которые упорами 9 закреплены на осевой трубе 10 со штуцерами 11 и отверстиями 12, выходящими в каналы между магнитопроводом 7 и крышками 8 с электроизолирующими пробками 13 с выводами 14 и 15 от начал и концов фаз обмотки 3 статора 1 и обмотки 6 неподвижного ротора 4. Трансформатор в сборе укреплен на станине 16, и в трубе 10 размещен масляный насос – задвижка 17 магнитодинамического типа [5] системы охлаждения трансформатора.

При включении электропитания первичной обмотки 3 она в соответствии с выводом (10) образует по внутренней поверхности статора 1 и внешней поверхности неподвижного ротора 4 бегущую волну магнитного поля, которая индуцирует во вторичной обмотке 6 вторичный ток, распределенный по первичным фазам сети в соотношении $1 : 1 : 1$ независимо от режима работы и характера нагрузки. Ясно также, что при необходимости обмотку 6 неподвижного ротора 4 такого симметрирующего трансформатора можно исполнить однофазной, что приведёт к упрощению конструкции для трёхфазно – однофазного симметрирования.

II-2. Измерительный многопредельный трансформатор по заявке № 5034586 / 07 Роспатента [3].

Изобретение предназначено для расширения пределов измерения измерительных механизмов в измерительных цепях переменного тока и основано на нашем выводе (9).

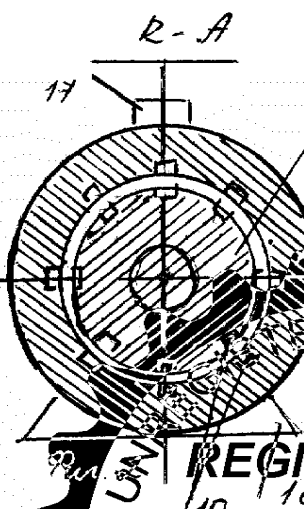
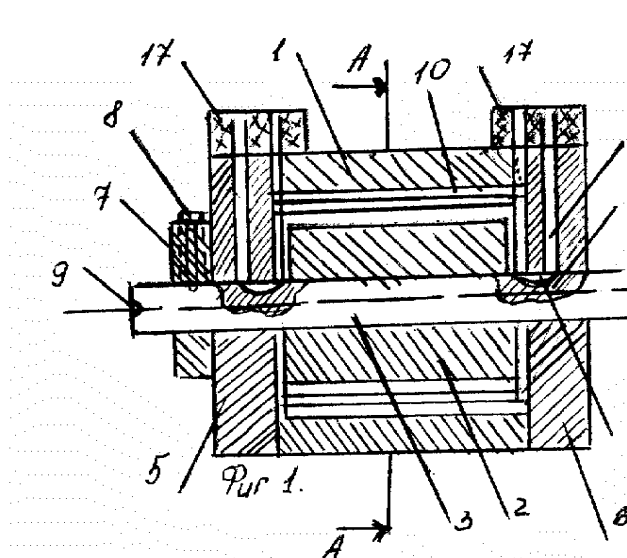


Рис. II-2-1. (Фиг. 1 по [3] на стр. 163)

Рис. II-2-2. (Фиг. 2 по [3] на стр. 163)

На рис. II-2-1 показан разрез трансформатора осевой плоскостью, а на рис. II-2-2 - разрез рис. II-2-1 по А – А. Трансформатор содержит

неподвижный статор 1 и подвижный ротор 2 на валу 3 в подшипниках 4, размещенных в торцовых крышках 5 и 6 с фиксирующим устройством из кронштейна 7, винта 8 и шлица 9 на валу 3. В пазах 10 статора 1 и ротора 2 уложены первичная 11 и вторичная 12 зигзагообразные обмотки с равными шагами зигзагов и выводами по сверлениям 13 и 14 к клеммам 15 и 16 на электроизолирующих колодках 17. Трансформатор в сборе размещен на станине 18.

При включении переменного однофазного напряжения на первичную обмотку 11 во вторичной обмотке 12 индуцируется ЭДС в соответствии с уравнением (9), величина которой определяется относительными расстояниями между коленами зигзагов обмоток 11 и 12, регулируемые с помощью фиксирующего устройства по заданным условиям эксплуатации.

II-3. Автoreгулятор магнитодинамический по заявке № 5012562 / 07 Роспатента [3].

Изобретение также основано на нашем выводе (9) и предназначено для автоматической подстройки источника электропитания к его нагрузке при независимом изменении режима её работы. На рис. II-3-1, рис. II-3-2 и рис. II-3-3 показаны соответственно вид с торца автoreгулятора со стороны фиксирующего устройства, продольный и поперечный разрезы диаметральными плоскостями. Автoreгулятор состоит из неподвижного статора 1 и подвижного ротора 2 на валу 3 в подшипниках 4 торцовых крышек 5 и 6. На крышке 5 укреплено фиксирующее устройство из спиральной пружины 7 и винта 8 в канавке 9 крышки 5. Статор 1 и ротор 2 имеют продольные пазы 10, в которые уложены первичная 11 и вторичная 12 однофазные или трёхфазные зигзагообразные обмотки с равными шагами зигзагов. Выводы обмоток 11 и 12 по сверлениям 13 и каналам 14 в торцовых

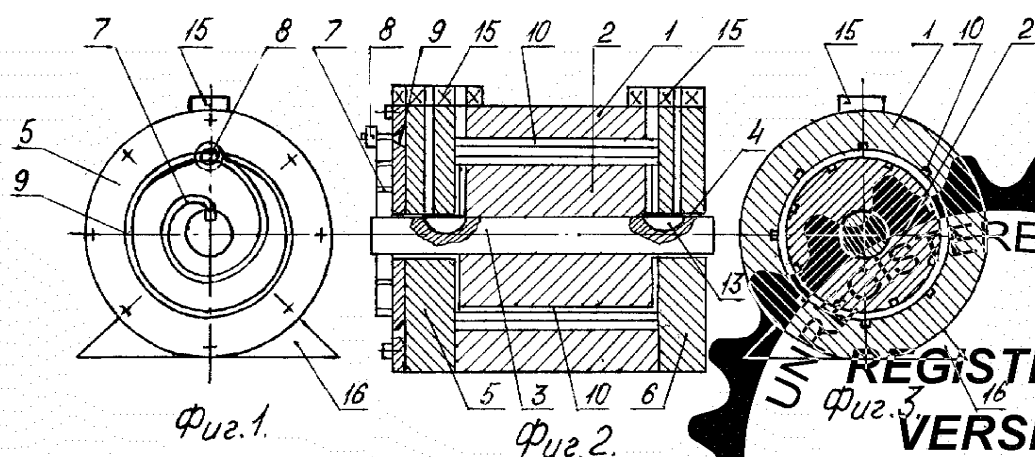


Рис. II-3-1. (Фиг. 1 по [3], с. 152) Рис. II-3-2. (Фиг. 2 по [3], с. 152) Рис. II-3-3. (Фиг. 3 по [3], с. 152)
крышках 5 и 6 подведены к клеммам на электроизолирующих колодках 15. Автoreгулятор в сборе размещен на станине 16.

При включении электропитания первичной обмотки 11 во вторичной обмотке 12 индуцируется ЭДС, величина которой в соответствии с уравнением (9) определяется относительными расстояниями колен зигзагов обмоток 11 и 12, устанавливаемым фиксирующим устройством с пружиной 7 заданной положением винта 8 в канавке 9 упругости. При изменении нагрузки вторичной обмотки соответственно изменяется электромеханическое взаимодействие обмоток 11 и 12, компенсируясь реакцией пружины 7 в установленных пределах её упругости.

III. Магнитодинамические машины.

III-1. Магнитодинамический асинхронный двигатель по заявке № 5003579 / 07 Роспатента [3].

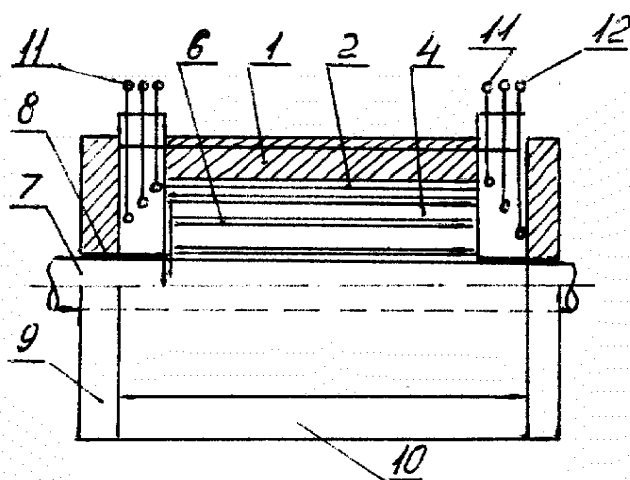


Рис. III-1-1. (Фиг. 1 по [3], с. 183)

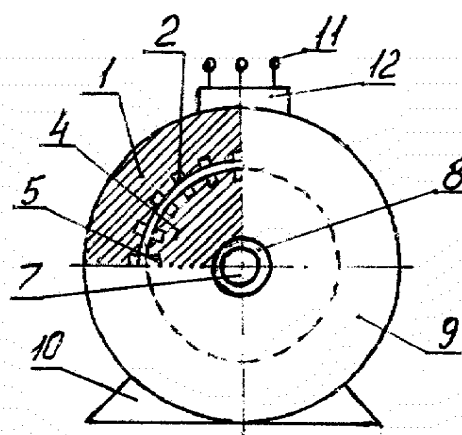


Рис. III-1-2. (Фиг. 2 по [3], с. 183)

На рис. III-1-1 и рис. III-1-2 показаны вид сбоку и вид с торца с $\frac{1}{4}$ выреза радиальными плоскостями двигателя. Двигатель состоит из статора 1, в пазах 2 которого уложена зигзагообразная трёхфазная обмотка 3, и ротора 4, в пазах 5 которого уложена короткозамкнутая обмотка 6. Ротор 4 размещен на валу 7 в подшипниках 8 торцовых крышек 9. Двигатель в сборе укреплен на станине 10. Выводы 11 обмотки 3 укреплены к клеммам на электроизолирующих колодках 12. Работа двигателя основана на нашем выводе (10), поэтому он обладает повышенной устойчивостью работы при перегрузках в различных режимах. Действительно, так как при включении электропитания обмотки 3 статора 1 по его внутренней поверхности образуется бегущая волна магнитного поля, то она индуцирует и увлекает за собой вторичные короткозамкнутые токи в обмотке 6 ротора 4, предотвращая образование тормозного момента при перегрузке вследствие отсутствия вращающегося магнитного потока в магнитопроводе двигателя.

III-2. Экранная электромашина по заявке № 5044431 / 07 Роспатента [3].

Экранная электромашина основана на наших выводах (9) и (10) и

позволяет улучшить массово-габаритные показатели электромашины.

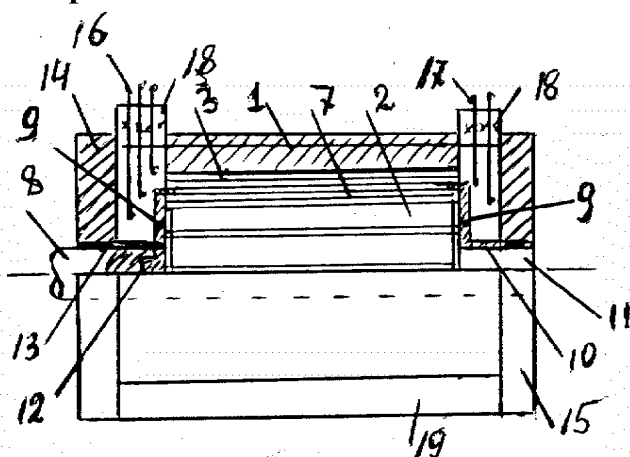


Рис. III-2-1

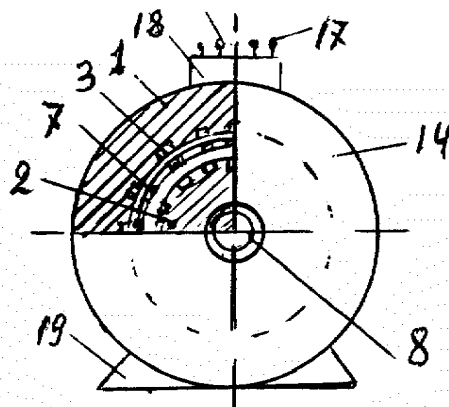


Рис. III-2-2

На рис. III-2-1 и рис. III-2-2 показаны вид электромашины сбоку и вид с торца с $\frac{1}{4}$ выреза радиальными плоскостями. На рис. III-2-3 и рис. III-2-4 показаны соответственно вид с торца подвижного экрана и принципиальная электросхема электромашины.

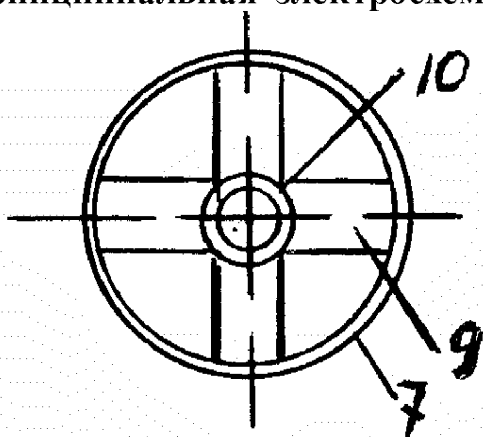


Рис. III-2-3

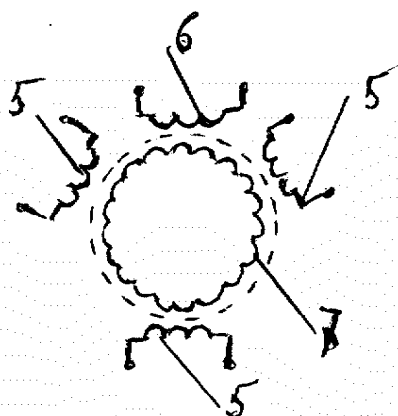


Рис. III-2-4

Электромашина состоит из неподвижных статора 1 и ротора 2, на которых в пазах 3 проводниками 4 выполнены зигзагообразными с равными шагами зигзагов трёхфазная обмотка 5 статора 1 и однофазная обмотка возбуждения 6 ротора 2. Между поверхностями статора 1 и ротора 2 с обмотками 5 и 6 размещена короткозамкнутая в виде «белчьего колеса» экранная обмотка 7 на валу 8 с помощью спиц 9 и втулки 10 на валу 11 в подшипниках 12 и 13 торцовых крышек 14 и 15. Выводы 16 и 17 обмоток 5 и 6 на электрифицирующихся клеммных колодках 18 присоединены к электросети по заданной схеме. Электромашина в сборе установлена на станине 19.

При вращении вала 11 от первичного двигателя в поле обмотки возбуждения 6 экранная обмотка 7 своим короткозамкнутым током создаёт переменное магнитное поле, которое индуцирует в обмотке 5 ЭДС, образуя на выходе статора трёхфазное напряжение генератора. При подаче на клеммы статорной обмотки 5 трёхфазного напряжения

её фазные токи, взаимодействуя с токами обмотки 6 возбуждения, индуцируют в экранной обмотке 7 короткозамкнутый ток, увлекают его за своим движением в соответствии с порядком следования фаз напряжения на статорной обмотке 5 и создают на валу вращательный момент двигателя. В итоге использование экранной обмотки 7 позволяет предотвратить применение скользящих контактов в цепи возбуждения электромашины.

III-3. Электромагнитный редуктор по заявке № 4785783 / 07 Роспатента [3].

Редуктор является генератором – двигателем, в основу работы которых положены наши выводы (9) и (10), уже использованные в выше описанных примерах. Редуктор предназначен для передачи вращательного движения с регулировкой скорости и вращающего момента в широких диапазонах при неизменных скоростях и моменте ведущего вала.

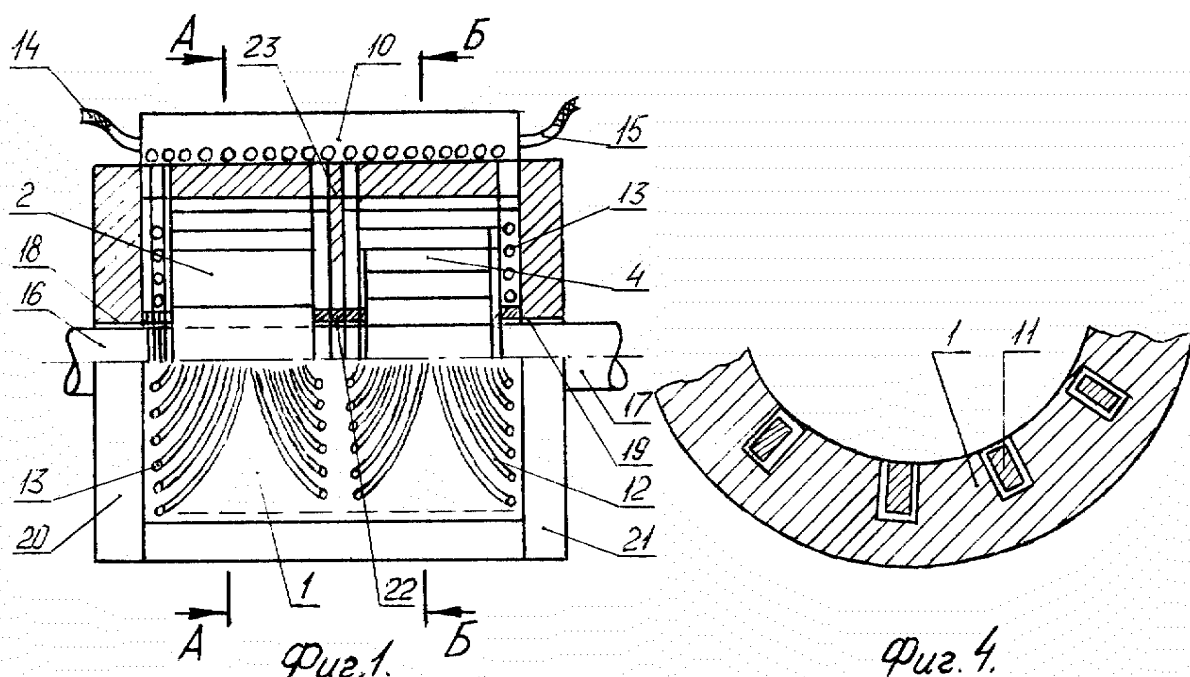


Рис. III-3-1 (Фиг.1 по[3], с.181)

Рис. III-3-2 (Фиг.4 по[3], с.181)

На рис. III-3-1 показан вид редуктора сбоку с $\frac{1}{4}$ выреза радиальными плоскостями, на рис. III-3-2 показана схема размещения поперечных полюсов в пазах статора, на рис. III-3-3 и на рис. III-3-4 показаны поперечные разрезы редуктора по А – А (генератора) и по Б – Б (двигателя) соответственно.

Редуктор состоит из синхронного генератора со статором 1 и индуктором 2 и асинхронного двигателя со статором 3 и ротором 4, размещенных соосно в общем корпусе. Обмотка 5 через обмотку возбуждения 6 и резистор 7 индуктора 2 соединена с помощью контактных колец 8 и щеток 9 с генераторным выходом на переключателе 10 традиционной конструкции. Обмотки статора 1 генератора и статора 3 двигателя

выполнены многофазными зигзагообразными из стержней 11 с выводами 12 через отверстия 13 в статорах 1 и 3 с возможностью переключения числа фаз с помощью переключателей 10 с рукояткам переключения 14 и 15 независимо друг от друга. (Схемы подключения выпрямителя 6 с резистором 7, контактных колец 8 и щеток 9, переключателей 10 пакетного типа, являясь типовыми, на приведенных чертежах не показаны).

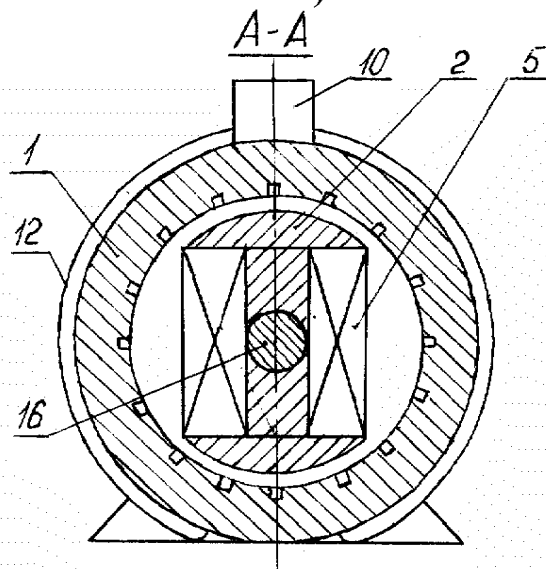


Рис.Ш-3-3 (Фиг.2 по[3], с.181)

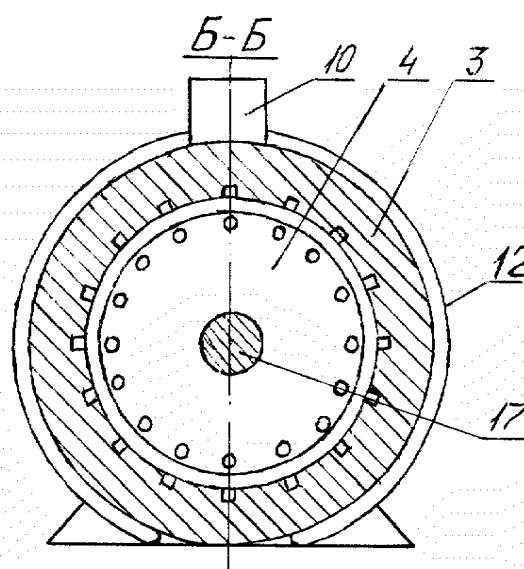


Рис.Ш-3-4 (Фиг.3 по [3], с.181)

Ведущий вал 16 индуктора 2 генератора и ведомый вал 17 ротора 4 двигателя установлены соосно в подшипниках 18 и 19 в торцовых крышках 20 и 21 и в подшипнике 22 перегородки 23 между статорами 1 и 3. При вращении первичного двигателя вращается ведущий вал 16 с индуктором 5, создавая на выходе генератора многофазное напряжение, число фаз которого определяется положением рукоятки 14 переключателя 10. Напряжение генератора подводится к обмотке статора 3 двигателя, образуя по его поверхности бегущую волну магнитного поля, индуцирующего в короткозамкнутой обмотке ротора 4 вторичные токи, увлекая его за своим движением. Так как число фаз обмотки статора 3 определяется положением рукоятки 15 переключателя 10, то этим обстоятельством обеспечивается независимая регулировка скорости вращения и момента на ведомом валу 17. Таким образом, описанные выше примеры, число которых можно увеличивать по конкретным техническим заданиям, изобретений с использованием зигзагообразных обмоток достаточно убедительно показывают высокую эффективность этого нового конструктивного решения на основе магнитодинамики.

Литература:

- 1.Вертинский П.А. К вопросу о полноте аксиоматики физических теорий // Вестник ИРФ АН БНР РФ №144), БГУЭП, Иркутск, 2004, стр.126 – 149.
- 2.Шидловский А. К., Борисов Б. Д. Симметрирование однофазных и двухфазных электротехнических нагрузок (установок). Киев, «Наукова думка». 1977, стр. 34 и далее и др.
- 3.Вертинский П.А. I. Магнитодинамика, г. Усолье-Сибирское,1993 ,222 с.
- 4.Вертинский П.А. Трёхфазно-трёхфазный симметрирующий трансформатор // Изв. № 3 – 93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 5.Вертинский П.А. Перистальтический насос // Патент № 1657737 РФ, БИ № 253994.

03. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СПИРАЛЬНО-КОНИЧЕСКИХ ОБМОТОК В РЕШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Введение:

Традиционная электротехника на основе классической электродинамики не могла увидеть возможностей спирально-конических обмоток, так как не только функциональные возможности, но даже конструктивные исполнения таких обмоток не являются самоочевидными с позиций классической электродинамики [1]. Действительно, используя в качестве силовой характеристики магнитного поля величину магнитного натяжения [2]: $T = \frac{I}{2\pi r}$ (1),

можно лаконично выразить величину плотности энергии магнитного поля [3]: $\omega = \mu_o \mu T^2$ (2), которая сразу позволяет выразить величину магнитодинамического взаимодействия как производную от энергии по расстоянию: $f = \frac{dW}{dr} = \frac{d(\omega V)}{dr} = \frac{C}{r^2}$ (3), (

где $C = \text{Const}$ вбирает в себя все постоянные величины), которое открывает перспективы многочисленных технических решений на основе магнитодинамики [4].

I. Магнитодинамическое акустическое устройство по патенту №2027319РФ[5]

Устройство и принцип действия спирально-конической обмотки наиболее просто представлены в изобретении автора по патенту № 2027319 РФ на магнитодинамическое акустическое устройство [5].

Устройство предназначено для взаимного преобразования электрических сигналов в звуковые колебания и наоборот, поэтому оно может быть использовано в качестве источника или приемника акустических волн.

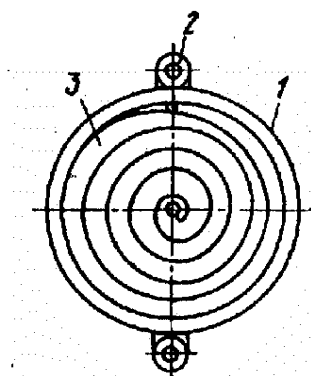


Рис. I-1 Вид устройства при снятой диафрагме

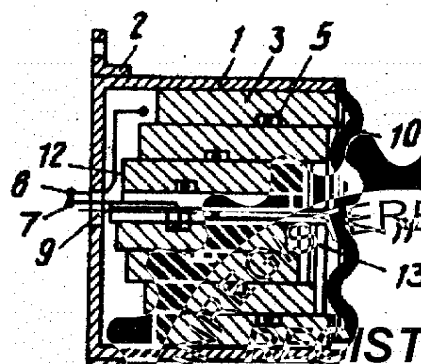


Рис. I-2 Разрез по оси устройства

Устройство состоит из корпуса 1 с проушинами 2, в котором размещен магнитопровод 3 в виде свернутой в спираль магнитной пластины 4 с проводом 5 в пазу 6 под углом к фронкам пластины 4. Провод 5 имеет выводы 7 и 8 через отверстия 9 в корпусе 1. С торца

корпуса 1 прикреплена диафрагма 10, соединенная со стержнем 11 магнитопровода 3 в его ступенчатом профиле выступа 12 и впадины 13. Таким образом, провод 5 в магнитопроводе 3 образует спирально-коническую обмотку, витки которой имеют возможность взаимодействовать между собой в соответствии с величинами функциональной зависимости по выражению (3), то есть при включении электрического переменного напряжения (поступлении сигнала) на спирально-коническую обмотку из провода 5 в магнитопроводе 3 взаимодействие витков обмотки между собой приводит к механическим колебаниям витков пластины 4, которые по стержню 11 передаются диафрагме 10, излучающей акустические волны в направлении ориентации диафрагмы.

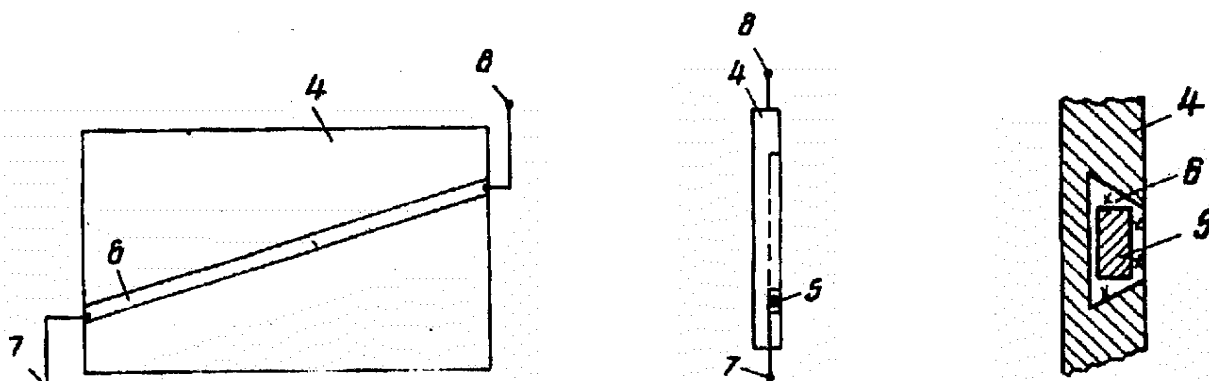


Рис. I-3 Вид в плане пластины с проводом в пазу Рис. I-4 Вид с торца пластины Рис. I-5 Местный вырез через провод

Соответственно, при направлении диафрагмы 10 в сторону акустического источника с подключенным устройством во входной цепи УНЧ акустические волны создают акустическое давление заданной частоты на диафрагму 10, вызывая её колебания, которые через стержень 11 передаются на магнитопровод 3 со спирально-конической обмоткой из провода 5 в пазу 6. В результате изменения относительного расстояния между витками спирально-конической обмотки из провода 5 в пазу 6 магнитопровода 3 в соответствии с акустическими колебаниями изменяется величина индуктивности обмотки, изменяя частоту, величину и направление электротока в схеме УНЧ, создавая на его выходе электрические сигналы соответствующих частот и амплитуд.

Разумеется, снабжая такую спирально-коническую обмотку различными приспособлениями, мы можем использовать её в качестве силового элемента магнетодинамического типа. Ниже рассмотрим несколько конкретных примеров применения такого силового элемента.



II. Магнито-динамический измерительный механизм по патенту № 2028003 РФ [6]

Механизм предназначен для измерения электрических и неэлектрических величин и может быть использован в электроизмерительных устройствах, предъявляющих требования микроминиатюризации к измерительным механизмам. Механизм состоит из корпуса 1 со щелью 2, крышки 3 с осветителем 4, снабжен клеммами 5 для присоединения измерительной цепи. Внутри корпуса 1 на уровне щели 2 размещен подвижный цилиндр 6 с косой щелью 7, укрепленный траверсой 8 к стержню 9 силового элемента 10.

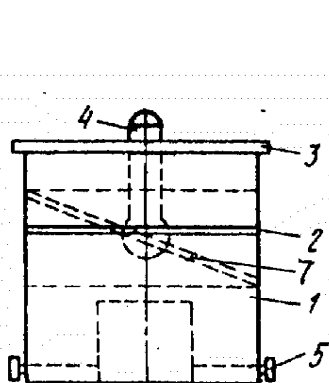


Рис. II-1 Общий вид механизма сбоку

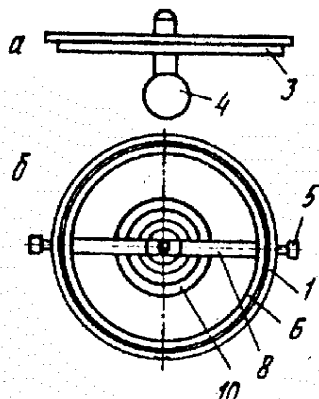


Рис. II-2 Вид сверху механизма без крышки (б) и вид крышки сбоку (а)

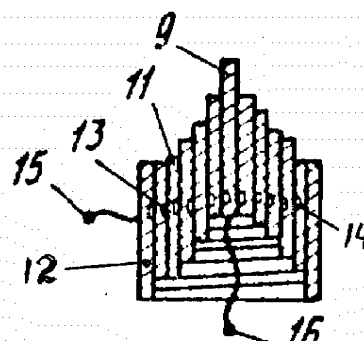


Рис. II-3 Разрез силового элемента механизма по оси

Силовой элемент 10 выполнен из магнитопровода 11 в виде свернутой пластины 12 с проводом 13 в пазу 14 в поверхности пластины магнитопровода 11. Концы провода 13 снабжены выводами 15 и 16 через отверстия в корпусе 1 к клеммам 5. При подключении электрического напряжения на спирально-коническую обмотку силового элемента 10 её витки взаимодействуют между собой, изменяя относительное расстояние и, соответственно, высоту магнитопровода 11 по его оси по стержню 9. В результате изменения высоты магнитопровода 11 стержень 9 через траверсу 8 смещает цилиндр 6 относительно корпуса 1, что приводит к смещению вдоль щели 2 точки её пересечения с косой щелью 7 цилиндра 6, сдвигая просвет от осветителя 4. При экспонировании положения просвета на фотопленку, которая равномерно перемещается относительно щели 2 на ней остается график, в заданных масштабе и единицах измерения отображающий процесс изменения измеряемой величины.

III. Магнито-динамическое реле по заявке № 5003670/07 Роспатента [7].

Простое применение магнитодинамического силового элемента из спирально-конической обмотки по описанному выше представляет собой магнитодинамическое реле в цепях различных систем автоматического управления. Реле предназначено для преобразования электрических импульсов команд в механическую работу по

переключению электроцепей в в схемах автоматического управления.

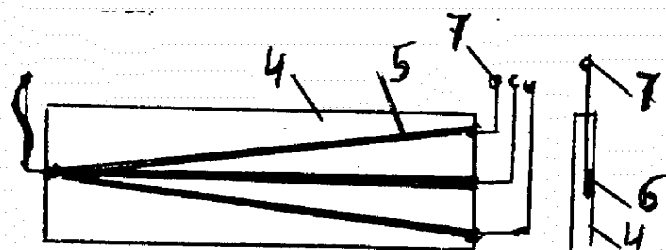


Рис. III-1 (а)
Вид пластины в плане(а) и с торца(б)
силового элемента реле

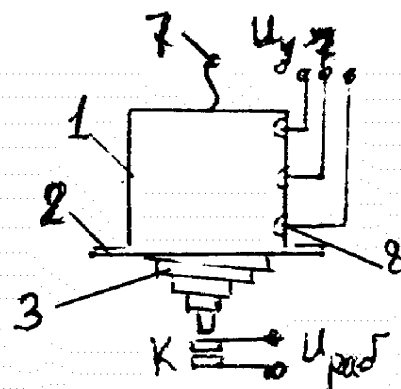


Рис. III-2 Вид сбоку
реле под током

Как видно из приведенных рисунков, реле состоит из корпуса 1 с проушинами 2 и силового элемента 3 в виде магнитной пластины 4, свернутой в спираль. Провода 5 в пазах 6 пластины 4 закреплены под различными заданными углами к кромкам пластины 4 и снабжены выводами 7 через отверстия 8 в корпусе 1 для подключения в схему управления. При включении электрического напряжения (поступления команды) на спирально-конические обмотки из проводов 5 витки обмотки взаимодействуют между собой, изменяя размер силового элемента 3, который осуществляет переключения коммутирующих цепей. Так как число проводов 5 и углы их наклонов к кромкам магнитной пластины 4 могут быть различными в соответствии с заданными условиями эксплуатации, то описанная конструкция позволяет совместить в одном корпусе многопозиционное коммутирующее устройство, обеспечив микроминиатюризацию схем АСУ.

IV. Магнитодинамический силовой цилиндр по заявке № 5062852/07 Роспатента [8].

Совмещение нескольких магнитодинамических силовых элементов со спирально-коническими обмотками по описанному выше позволяет решать задачи микроминиатюризации в различных областях техники, в том числе и в строительной индустрии, что иллюстрирует изобретение по заявке № 5062852/07, по которой автор имеет решение Роспатента о выдаче патента. [8] Цилиндр предназначен для преобразования электроэнергии в механическую работу и поэтому может быть использован в приводе рабочих органов машин и механизмов, заменяя собой гидравлические устройства с неудовлетворительными массо-габаритными показателями.



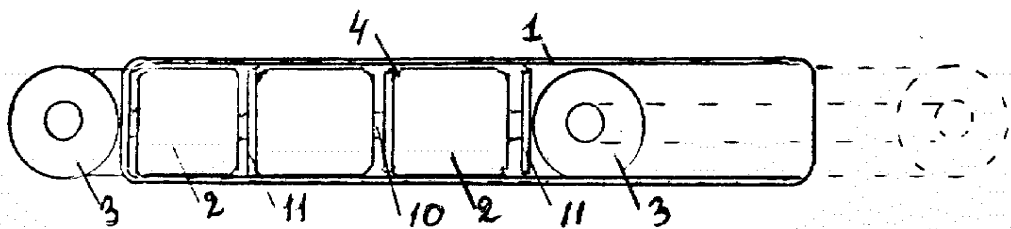


Рис.IV-1 Вид сбоку магнитодинамического силового цилиндра.

Цилиндр состоит из направляющего корпуса 1 с размещенными в ряд в нем силовых элементов 2 и шарниров 3 соединения с приводом механизма. Каждый силовой элемент 2 состоит из корпуса 4, спирали из магнитной пластины 5 с проводом 6 в пазу 7 в пластине 5. Выводы 8 спирально-конических обмоток 9 из проводов 5 соединяются в общем выводам электропитания цилиндра последовательно или параллельно по заданным условиям эксплуатации. Силовые элементы 2 своими шипами 10 соединяются с дисками упоров 11 смежных силовых элементов в ряду цилиндра.

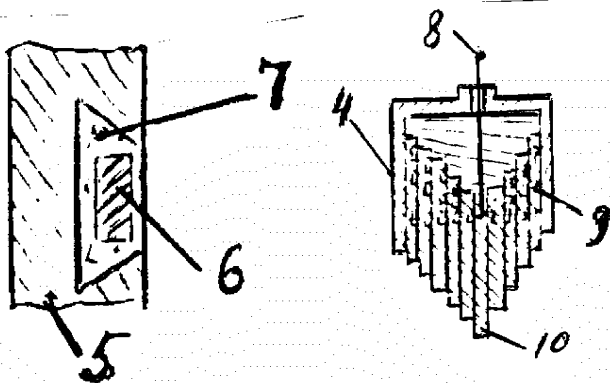


Рис.IV-1 Местный вырез крепления провода в пазу

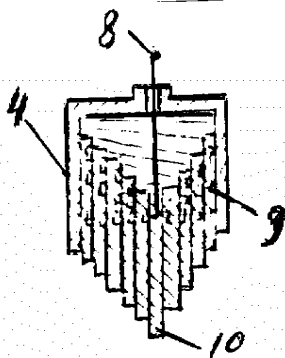


Рис.IV-2 Разрез по оси силового элемента

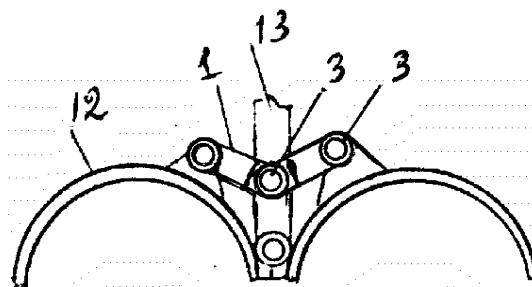


Рис.IV-3 Схема раскрытого челюстного захвата с магнитодинамическими силовыми цилиндрами

Шарнирами 3 цилиндры соединены с механизмом, например, захватом 12 и траверсой 13 по конкретным условиям применения.

При включении электропитания на спирально-конические обмотки 9 силовые элементы стягиваются, передавая усилия через штоки и упоры на шарниры 3, приводя в движение механизм по заданным условиям эксплуатации.

V. Магнито-динамический молот по заявке № 93034190/28 Роспатента [9]

Расширение функциональных возможностей спирально-конических обмоток возможно добиться применением электронных, например, тиристорных схем управления электропитанием таких обмоток. Примером такого решения технической задачи является заявка № 93034190/28, по которой автором получено решение Роспатента о выдаче патента на изобретение магнитодинамического молота [9]. Молот предназначен для обработки материалов и поэтому может быть использован для



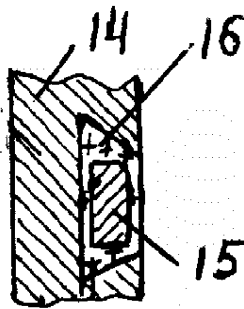


Рис. V-1 Местный вырез крепления

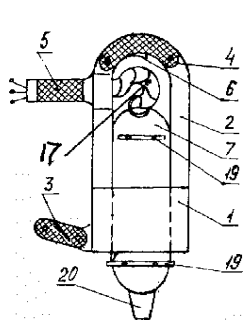


Рис. V-2 Общий вид молота сбоку

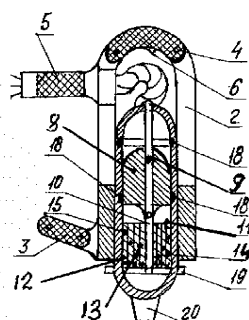


Рис. V-3 Разрез

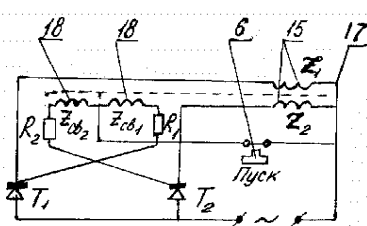


Рис. V-4 Принципиальная электросхема молота

производства дорожно-строительных работ, выполнения отверстий в бетоне, в горных породах и т.п. Молот состоит из направляющего цилиндра 1 со штангами 2, рукоятками 3 и 4 и блока управления 5 электропитанием с пусковой кнопкой 6. В цилиндре 1 размещен с возможностью осевого смещения баллон 7, в котором также с возможностью осевого смещения размещен поршень 8 с осевым отверстием 9, который штоком 10 соединен с силовым магнитодинамическим элементом 11. Силовой элемент 11 состоит из корпуса 12 с магнитопроводом 13 в виде свернутой в спираль магнитной пластины 14 с проводом 15 в пазу 16 поверхности магнитной пластины. Выводы 17 провода 15 через трубчатый шток 10 и отверстия 9 поршня 8 выходят наружу цилиндра 7 и соединены с блоком управления 5. При включении электропитания спирально-конические обмотки провода 15 принимают дисковую форму, сдвигая поршень в одну сторону, а корпус 7 - в противоположную, таким образом приводя в движение рабочий орган. Витки 18 индуктивного датчика положения поршня переключают обмотки силового элемента, упорное кольцо 19 ограничивает ход баллона 7 в цилиндре 1, конический держатель 20 несет на себе сменный рабочий орган.

VI. Магнито-динамический стабилизатор тока по заявке № 92002212/07 Роспатента [10].

Аналогично с помощью индуктивной связи спирально-коническая обмотка позволяет решить задачу стабилизации тока в устройстве по заявке № 92002212 / 07, по которой автор также получил решение Роспатента о выдаче патента [10].

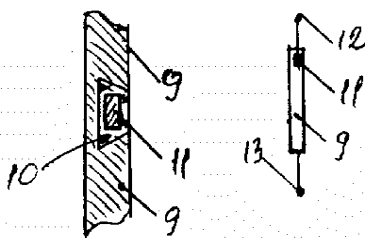


Рис. VI-1 Местный вырез по проводу в пазу

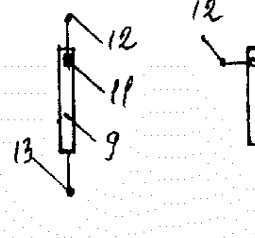


Рис. VI-2 Вид пластины с торца

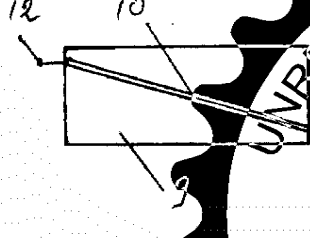


Рис. VI-3 Вид пластины в плане



Это изобретение относится к стабилизации тока нагрузки при изменении напряжения электропитания в сети, поэтому оно может использоваться для электропитания нагрузок от электрических сетей в переменном режиме работы, например, для электропитания осветительных установок и т.п.

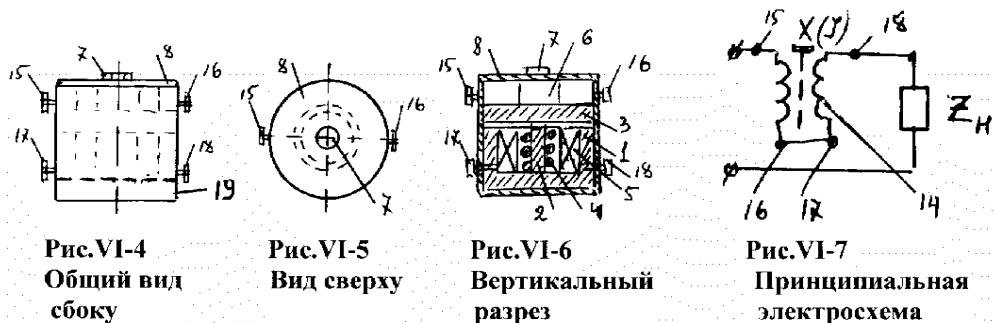


Рис. VI-4
Общий вид
сбоку

Рис. VI-5
Вид сверху

Рис. VI-6
Вертикальный
разрез

Рис. VI-7
Принципиальная
электросхема

Стабилизатор тока состоит из магнитопровода 1 в виде стакана, на дне которого выполнен стержень 2 и поршневой сердечник 3, на стержне 2 размещена пружина 4 и обмотка индуктивности 5, а на поршне 3 укреплен силовой магнито-динамический элемент 6 со спирально-конической обмоткой. Силовой элемент 6 соединен с регулировочным винтом 7 в крышке 8 устройства.

Магнито-динамический силовой элемент 6 выполнен из пластины 9, в пазу 10 которой под углом к кромке укреплена электроизолированная шина 11 с выводами 12 и 13, которая в свернутом спиралью силовом элементе 6 образует спирально-коническую обмотку 14, снабженную клеммами 17 и 18, укрепленных на корпусе 19 стабилизатора.

При включении по схеме стабилизатора изменение первичного напряжения в сети приводит к изменению силы тока по обмотке силового элемента, который поддерживает заданную величину немагнитного зазора в индуктивном сопротивлении стабилизатора.

VII. Магнито-динамический вибрационный плуг по заявке № 5038215/15 Роспатента [11].

Разновидностью тиристорного управления электропитанием спирально-конической обмотки магнито-динамического силового элемента является изобретение по заявке № 5038215 / 15, по которой автор также получил решение Роспатента о выдаче патента [11]. Плуг предназначен для высокопроизводительной безотходной обработки почв и может быть использован в условиях переувлажненных почв.

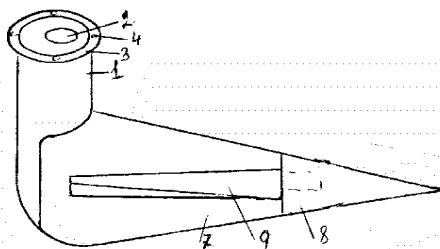


Рис. VII-1 Общий вид плуга сбоку



Рис. VII-2 Вертикальный разрез плуга
- 28 -

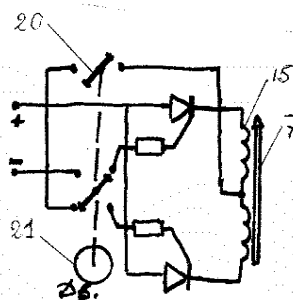


Рис. VII-3 Принципиальная электросхема пуга

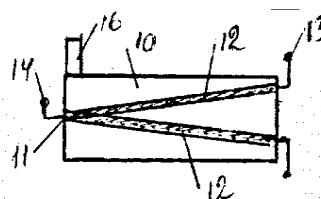


Рис. VII-4 Магнитная пластина в плане

Плуг состоит из вертикального ножа 1 с каналом 2, бортиком 3 с отверстием 4, на котором выполнен выступ 5 с размещенным в нем виброприводом 6 долота 7, снабженного наконечником 8 и бокорезами 9. Аналогично выше описанным магнито-динамический привод 6 выполнен из магнитной пластины 10, в пазу 11 которой закреплен провод 12 с выводами 13 и 14. Пластина 10 свернута в спираль, образуя спирально-коническую обмотку 15. Привод 6 соединен с долотом 7 штоком 16, а с выступом 5 - обечайкой 17, резьбовое соединение 18 и 19 служит для крепления долота 7 к штоку 16 и сменному наконечнику 8. Привод 6 имеет тиристорную схему управления электропитанием с вращающимся коммутатором 20, имеющем двигатель 21 регулируемого вращения. При движении пуга подается электропитание на привод 6, который сообщает долоту 7 с бокорезами 9 вибрации, обеспечивая тем самым усиление резания и снижая потери на трение в почвенном слое. Частота вибраций регулируется путем изменения скорости вращения двигателя по конкретным условиям эксплуатации.

VIII. Магнито-динамический акустический насос по заявке №93034906/29 Роспатента [12].

Возвращаясь к началу изложения принципа действия спирально-конической обмотки в магнито-динамическом силовом элементе на примере акустического устройства по патенту № 2027319 РФ, здесь необходимо привести один из вариантов применения электроакустического способа совершения механической работы, например, для перекачивания рабочей среды. По заявке № 93034906 / 29 автор получил от Роспатента решение о выдаче патента на это изобретение [12].

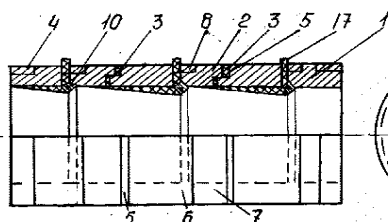


Рис. VIII-1
Общий вид сбоку с 1/4 выреза радиальными плоскостями

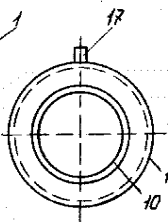


Рис. VIII-2
Вид с торца



Рис. VIII-3
Схема работы насоса

Магнито-динамический акустический насос предназначен для высокопроизводительной перекачки агрессивных рабочих сред в автоматических режимах, поэтому его возможно применять в технологических процессах металлургии, энергетики, химической промышленности т.д.

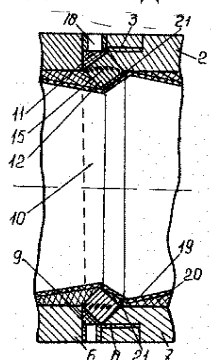


Рис.VIII-4
Местный разрез
по излучателю

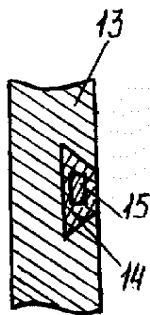


Рис.VIII-5
Местный вырез
по креплению

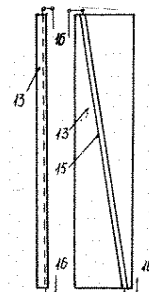


Рис.VIII-6
Магнитная пластина
Вид с ребра (слева)
и в плане (справа)

Насос содержит корпус 1 трубчатой формы, выполненного из заданного количества ступеней 2, соединенных между собой, например, с помощью резьбы 3 на торцах, а последняя и первая ступени имеют резьбовые окончания 4 для присоединения штуцеров гидролиний. Каждое резьбовое соединение 3 ступеней 2 выполнено с применением эластичной уплотняющей прокладки 5, толщина которой определяется по мере завинчивания каждого стыка резьбового соединения 3, одновременно определяя при этом осевое расстояние между крайними торцами ступеней 2, соединенных между собой. Каждая ступень 2 образована из двух частей 6 и 7, соединенных между собой с помощью резьбы 8 с образованием между упорами резьбы паза 9, в котором размещен силовой магнитодинамический элемент – излучатель акустических колебаний 10, закрепленный в пазу 9 с помощью эластичной внутренней прокладки 11 с наружным упором смежной резьбовой части 7 ступени 2. Каждый магнито-динамический излучатель 10 выполнен в виде коноида – геликоида с плотно прилегающими витками 12 магнитной пластины 13, в пазу 14 которой на поверхности под заданным углом к ее торцам закреплен электризолированный провод 15 с выводами 16. Крепление провода 15 в пазу 14 может быть выполнено, например, клиновое. Выводы провода 15 соединены с клеммами 17 на колодке 18 на поверхности корпуса 1 через выводную трубку 19 в сверлении упора с внутренней резьбой части 6 ступени 2 насоса.

Внутренняя поверхность трубчатого корпуса 1, включая излучатель 10, покрыта коррозионностойким слоем 19, закрепленным, например, с помощью эластичной плёнки 20 в виде шланга внутри канала насоса. В случае выполнения насоса для перекачивания рабочих сред с

абразивными частицами (пульпы гидрозолоудаления и т. п.) целесообразно слой 19 с оболочкой 20 выполнять стойкими к абразивному воздействию, например, керамическими и т.п. Участок шланга 20, взаимодействующий с торцом излучателя 10, является диафрагмой излучателя и поэтому выполняется из твердых сортов полимера.

Насос работает в погружном режиме. При включении электропитания обмоток излучателя 10 витки спирально-конической обмотки провода 15 под влиянием магнитодинамического взаимодействия сжимают излучатель 10, то есть коноид – геликоид излучателя деформируется, запасая потенциальную энергию упругости пружины, которая высвобождается при растяжении коноида-геликоида периодически с частотой тока электропитания обмоток. В результате витки излучателя 10 совершают колебания заданной частоты, которые передаются диафрагме и излучаются в рабочую среду в канале насоса. В результате интерференции когерентных волн акустического излучателя 10 в сечениях очередных излучателей создается повышенное акустическое давление, направленное к выходу насоса, проталкивая рабочую среду по каналу насоса. Так как в канале насоса предотвращены помехи гидротоку, а превращение электроэнергии непосредственно в акустическое давление предотвращает потери на промежуточные преобразования движений, то данные обстоятельства обеспечивают насосу высокую производительность и длительный срок службы.

IX. Магнитодинамический электросварочный пистолет по заявке № 5057455 / 07 Роспатента [13].

Пистолет предназначен для сварки неплавящимся электродом контактным способом токонстенных оболочек с толстостенным каркасом, поэтому он может быть использован для монтажа кожухов, коробов, металлической кровли и других строительно-монтажных работ.

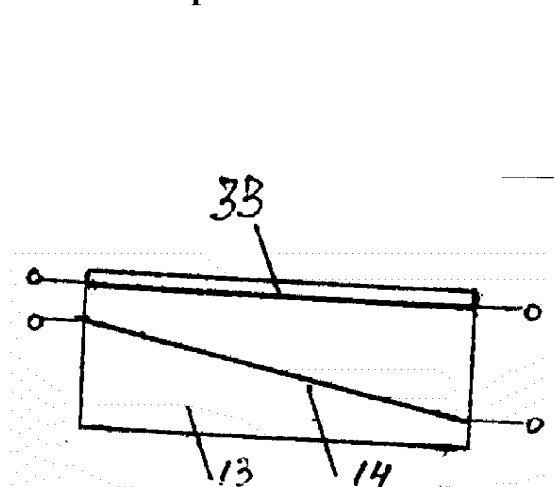


Рис. IX-1 Магнитная пластина силового элемента в плане

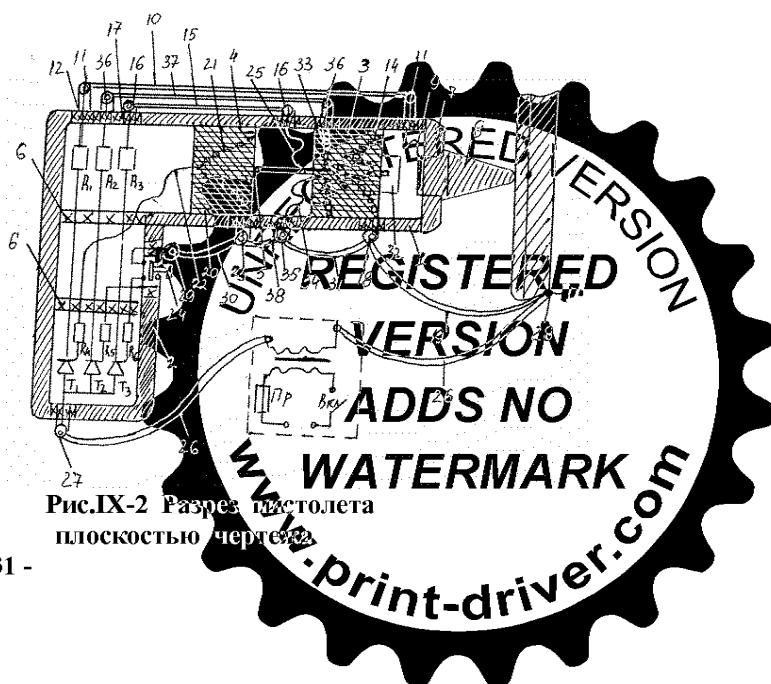


Рис. IX-2 Разрез пистолета плоскостью чертежа

Пистолет состоит из цилиндрического трубчатого корпуса 1 с рукояткой 2, внутри которых размещены силовой элемент 3 и индуктивный датчик 4, соединенные между собой штоком 5, тиристорная схема управления на кронштейне 6. В отверстии крышки 7 размещен с возможностью смещения электрод 8, соединенный со схемой электропитания гибкой шиной 9 и внешними шинами 10 на выводах 11 в пробках 12. Силовой элемент 3 образован многослойной спиралью из магнитной пластины 13 с косыми пазами, в которых укреплены провода 14, образующие в свернутом виде пластины 13 обмотки спирально-конической формы, подключенные к схеме электропитания шиной 15 на выводах 16 в пробке 17 и выводами 18 с кабелем 19. Датчик 4 образован спиралью пластины 20 с обмоткой 21, снабженной выводами 2 и клеммой 23, соединенных с кнопкой 24 схемы тиристорного управления. Гибкая шина 25 соединяет выводы 17 с обмоткой 14, кабель 26 с общей клеммы 27 и заземленная свариваемая конструкция 28 соединены с источником электропитания (типовым сварочным трансформатором) выводы 29 от кнопки 24 соединены со схемой тиристорного управления кабелями 30 и 31. На силовом элементе 3 укреплен боёк 32. Обмотка 33 с выводами через шины 34 и клеммы 35 и 36 соединена с шиной 37 и кабелем 38, образуя таким образом цепь возврата силового элемента 3. При включении кнопкой 24 электропитания пистолета, прижатого электродом 8 к свариваемой точке, боёк 32 ударяет в оболочку, одновременно пропуская импульс сварочного тока через пятно контакта, где и осуществляется сварка. По заявке № 5057455т / 27 автор получил от Роспатента решение о выдаче патента на изобретение Магнитодинамический электросварочный пистолет [13].

Так как величину энергии магнитного поля данной магнитной цепи с позиций классической электродинамики можно выразить через величины магнитной индукции и напряженности

магнитного поля [14]: $W = \int_V \frac{BH}{2} dV$ (4), то чтобы увидеть изложенные

в выше приведенных примерах решения технических задач из различных отраслей техники возможности с позиций традиционной электротехники, необходимо, уже заранее зная о таком взаимодействии магнитных полюсов, произвести достаточно продолжительные целенаправленные поиски. По существу, в изложенных примерах решений технических задач с использованием спирально-конических обмоток мы всегда руководствовались выводом (3) о взаимодействии магнитных диполей, которыми и являются в действительности витки обмоток.



Литература:

- 1.Вертинский П.А. К вопросу о полноте аксиоматики физических теорий // Вестник ИРО АН ВШ РФ № (1) 4, Иркутск, БГУЭП, 2004, стр.126 и др.
- 2.Вертинский П. А.«К магнитодинамике электризации вращающегося магнита» // ж. «Электротехника» № 4 / 98, стр.47-49.
- 3.Вертинский П. А. I. Магнитодинамика. г.Усолье-Сибирское. 1993, стр.99.
- 4.Вертинский П. А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики // Сб.матер. V «Сибресурс-2002», Иркутск, ИГЭА, 2002, стр.40.
- 5.Вертинский П.А. Магнитодинамическое акустическое устройство //Патент № 2027319 РФ, БИ № 2/1995.
- 6.Вертинский П.А. Магнитодинамический измерительный механизм // Патент № 2028003 РФ, БИ № 3/1995.
- 7.Вертинский П.А. Магнитодинамическое реле // ИЛ № 127-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 8.Вертинский П.А. Магнитодинамический силовой цилиндр // ИЛ № 193-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 9.Вертинский П.А. Магнитодинамический молот // ИЛ № 054-93 ЦНТИ, Иркутск,1993.
- 10.Вертинский П.А. Магнитодинамический стабилизатор тока//ИЛ № 188-93, ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 11.Вертинский П.А. Магнитодинамический вибрационный пилот // ИЛ № 023-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 12.Вертинский П.А. Магнитодинамический акустический насос // ИЛ № 062-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 13.Вертинский П.А. Магнитодинамический электросварочный пистолет // ИЛ № 018-93 ЦНТИ, Иркутск, 1993.
- 14.Нейман Л.Р.и Демирчян К.С.Теоретические основы электротехники, Л. «Энергия», 1967.



04. ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКТИВНОГО ТОКОСЪЁМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Краткое вступление.

Проблема повышения экономичности функционирования транспортных систем сопровождает развитие транспорта на протяжении всей его многовековой эволюции.

Так как коэффициент полезного действия (К.П.Д.) трансмиссии любого транспортного средства непосредственно сказывается на экономичности транспортных систем, то вся история развития транспорта в сущности представляет собой летопись технических решений, направленных на повышение К.П.Д. Так как общий К.П.Д. системы механизмов, составляющих трансмиссию, равен произведению К.П.Д. каждого из этих механизмов, то вполне естественным представляется стремление всех разработчиков транспортных систем уменьшить число таких механизмов трансмиссии путем совмещения их функций. Особенно многочисленными в этом направлении технического прогресса транспортных систем являются попытки совмещения функций движителя и двигателя в одном механизме, который в истории транспорта получил название активного колеса. Вместе с тем, многочисленные механические конструкции активных колес, в том числе и с применением гидравлических устройств, в свою очередь состоят из большого числа отдельных узлов - механизмов передачи усилий, что не позволяет значительно повысить общий К.П.Д. таких активных колес [1].

Электрификация транспорта позволила значительно повысить экономичность транспортных систем, но это направление технического прогресса относится пока преимущественно лишь к рельсовому транспорту, привнеся в него и новые технические проблемы. Одной из таких ключевых проблем электрификации транспорта является задача надежного и эффективного токосъёма, то есть подвода электроэнергии к подвижному транспортному средству с целью обеспечения электропитания его силовой тяговой установки. В современном электротранспорте задача токосъёма решается с помощью скользящих контактных устройств, которые не только снижают К. П. Д. электротранспорта, но и ограничивают его скорость, надежность и сроки службы. Данное обстоятельство объясняется сложившимися на основе классической электродинамики в традиционной электротехнике представлениями об индуктивной связи между электрическими цепями, элементы которых предполагаются неподвижными, как это имеет место, например, в трансформаторах. Это требование относительно неподвижности элементов электрических цепей для индуктивной связи обосновано известным законом Фарадея о величине ЭДС электромагнитной индукции:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1), \quad \text{где} \quad \Phi = BS \quad (2) \quad \text{и} \quad B = \mu\mu_0 H \quad (3)$$

Как видно из указанных выражений (1), (2) и (3), не является самоочевидным вывод об отсутствии ЭДС при относительном вращении двух коаксиальных цилиндрических обмоток. Между тем, величина и направление магнитной напряженности H введены в классической электродинамике на основе известных опытов Эрстеда, когда природа ферромагнетизма не была известной, что и получило отражение в известном «электромагнитном парадоксе» и в выражении одного из уравнений Максвелла, что магнитное поле не имеет источника, то есть: $\operatorname{div} B = 0$ (4). В действительности, так как «монополюс» магнетизма является электрический ток, создающий вокруг себя данное магнитное поле [2], то величина магнитного поля характеризуется магнитным натяжением: $T = \frac{I}{2\pi r}$ (5), которое сразу

определяет ЭДС: $\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$ (6). Среди многочисленных

практических следствий магнитодинамики из этого выражения (6) самоочевидным является вывод об отсутствии ЭДС при относительном вращении двух коаксиальных цилиндрических обмоток, если сохраняется условие, чтобы $r = \text{Const}$. Другими словами, известное из электротехники условие трансформации, что:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (7) \quad \text{является одинаково справедливым для неподвижных и}$$

для вращающихся относительно друг друга коаксиальных цилиндрических обмоток. Данный вывод и положен в основу нового способа осуществления индуктивного токосъема для этой технической задачи. Ниже рассмотрим несколько конкретных примеров решения данной технической задачи для различных условий эксплуатации.

1. Активное колесо транспортного средства

по патенту №1736752 РФ. [3].

Данное колесо может быть использовано в транспортных средствах повышенной проходимости по слабым грунтам в условиях тундры, пустыни, переувлажненных почв в период весенне – летних полевых работ и т. п. Колесо состоит из ступицы 1 и эластичных камер 2, надетых на ось 3 ходовой части транспортного средства. Ступица 1 состоит из ферромагнитного цилиндра 4, на внутренней поверхности которого в пазу коаксиальная кольцевая вторичная обмотка 5 трансформатора электропитания колеса. По круговому сечению цилиндра 4 равномерно размещены электромагниты 6, магнитная цепь которых включает в себя



прилегающие области цилиндра 4 и оси 3, и замкнута на себя в каждом электромагните. На основаниях 7 в пазах обмотки 5 размещены тиристоры 8 системы управления разрядами. Снаружи цилиндра 4 укреплены электроизолирующие цоколи 9, в которых с помощью закладных элементов 10 укреплены электроразрядники 11 по два с противоположных сторон цилиндра 4, которые соединены с обмоткой 5 через тиристоры 8, в цепь управления которых включены обмотки электромагнитов 6. По периферийным поверхностям цоколей 9 выполнены пазы 12, в которые вставлены кромки 13 рабочих камер 2. С помощью отбортованных торцовых крышек 14 кромки 13 укреплены в пазах 12 винтом 15. С помощью торцевой крышки 16 и винтов 17 колесо в сборе укреплено на оси 3 с возможностью свободного вращения.

На оси 3 коаксиально с обмоткой 5 выполнена первичная кольцевая обмотка 18 трансформатора электропитания колеса, которая соединена с первичным источником напряжения на борту транспортного средства с помощью электроизолированных проводов в сверлениях 19 оси 3 колеса.

В плоскости сечения электромагнитов 6 снизу на оси 3 выполнен по размеру электромагнита 6 немагнитный якорь в виде диэлектрической пробки 20. Ось 3 имеет выступ - кронштейн 21 поворота оси относительно цилиндра 4 с помощью, например, тяги от рычагов управления транспортным средством.

Вторичная обмотка 5 трансформатора электропитания колеса является двухсекционной, одна из секций 22 является повышающей и служит для питания высоким напряжением разрядников 11 в камерах 2. Другая секция 23 является источником напряжения управления работой тиристоров 8, соединенных с секцией управляющим электродом через обмотку соответствующего электромагнита 6, являющегося формирователем разрядов соответствующих разрядников 11 в камерах 2.

Внутренняя полость камер 2 заполнена через обратные клапаны - ниппели 24 рабочей средой (жидкостью или газом) по конкретным условиям эксплуатации.



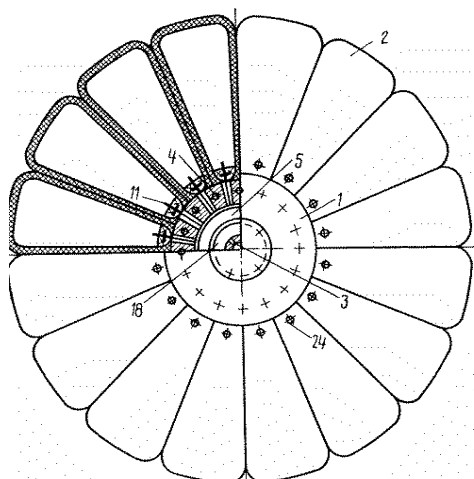


Рис. I – 1. Вид колеса с $\frac{1}{4}$ выреза радиальными плоскостями.

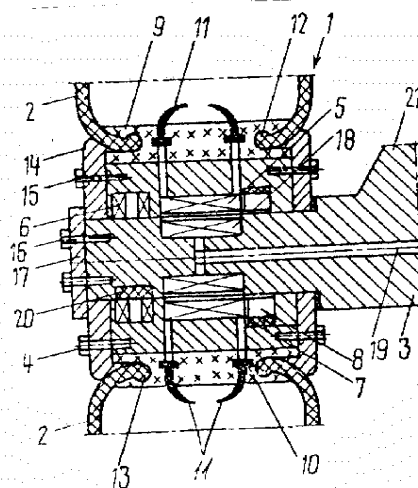


Рис. I – 2. Разрез по оси ступицы колеса плоскостью чертежа.

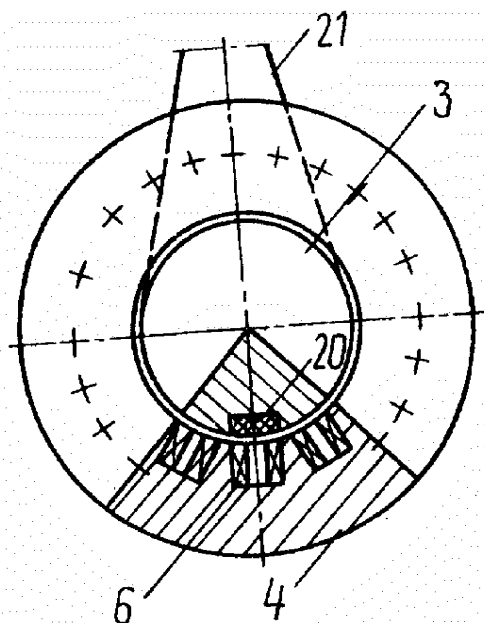


Рис. I – 3. Ступица колеса с $\frac{1}{4}$ выреза по формирователям разрядов.

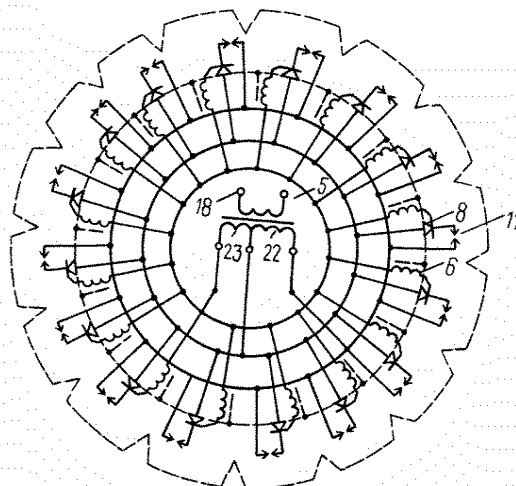


Рис. I – 4. Принципиальная электросхема колеса.

При включении электропитания на первичную обмотку 18 трансформатора электропитания колеса на вторичных обмотках 22 и 23 создаются вторичные напряжения, которые подводятся к разрядникам 11 через электромагниты 6. Так как немагнитная пробка 20 замыкает нижний электромагнит 6, то вследствие малой величины индуктивности этот электромагнит в цепи управления работой тиристора нижней камеры открывает электропитание на разрядники 11 в момент расположения камеры 2 снизу колеса, когда соответствующий электромагнит 6 занимает положение у пробки 20. В результате электрического разряда на электродах 11 в нижней камере 2 ее объем резко увеличится, создавая реакцию опоры о

грунт , что и приводит к образованию тяги колеса в заданном направлении. Путем поворота кронштейна 21 создается заданное опережение разрядов, определяя момент образования опоры о грунт камеры 2, позволяя регулировать величину и направление тяги колеса.

II. Активное колесо рельсового транспорта по заявке № 93054912 / 11 Роспатента [4]

Колесо предназначено для сообщения тяги рельсовому транспорту, поэтому оно может быть применено на городском пассажирском рельсовом транспорте, на внутрицеховом электротранспорте и т.п.

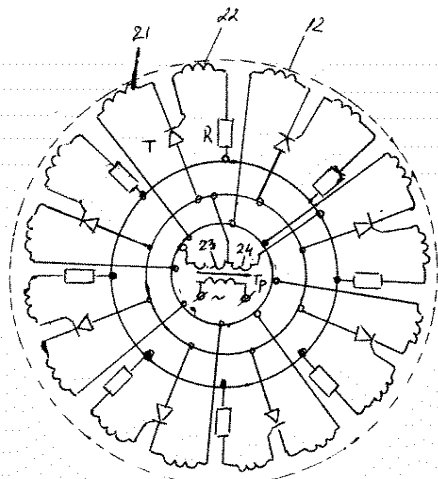
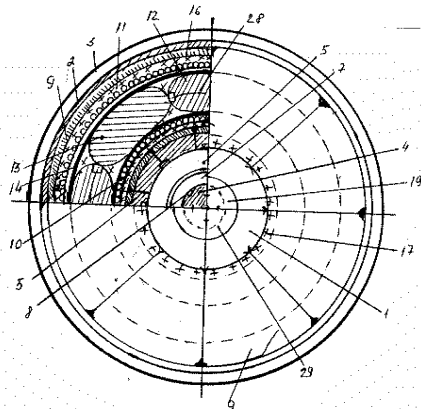
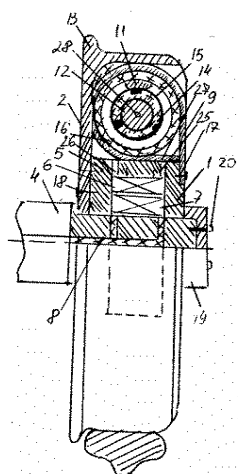


Рис. II-1 Вид колеса с 1/4 выреза радиальными плоскостями

Рис. II-2 Вид колеса сбоку с 1/4 выреза радиальными плоскостями

Рис. II-3 Принципиальная электросхема колеса

Колесо состоит из ступицы 1 и обода 2 с робордой 3, надетых на ось 4 ходовой части электротранспортного средства. Ступица 1 содержит магнитопровод 5 в виде цилиндра с кольцевым пазом внутри, в котором вложена вторичная обмотка 6 трансформатора индуктивного токосъема, первичная обмотка 7 которого размещена концентрически на неподвижной оси 4, по сверлениям 8 в которой проложены провода от блока электропитания на борту транспортного средства, соединенного , например, с первичной контактной сетью.

На цилиндре 5 магнитопровода хомутами 9 крепятся секции 10 тороидальной обмотки 11 электромагнита с подвижным сердечником якорем 12, в котором размещен в пазу – зазоре немагнитный стержень 13. Якорь 12 со стержнем 13 размещены в пазах тороидальной обмотки 11 из секций 10 с возможностью скольжения по трем направляющим ползьям 14 на электроизолирующих прокладках 15 , укрепленных равномерно на внутренней поверхности обмотки 11.

Обмотка 11 помещена в электроизолирующем слое 16, который с помощью винтов 17 прикреплен к торцу магнитопровода 5.

К противоположному торцу магнитопровода 5 винтами 18 крепится обод колеса с ребордой 3. С помощью крышки 19 и винтов 20 колесо размещено на оси 4 с возможностью вращения. Каждая секция 10 обмотки 11 содержит две части : силовую 21 и управляющую 22, которые соединены с вторичной обмоткой 6 , имеющей также две части: силовую 23 и управляющую 24. Каждая силовая обмотка 21 секции 10 соединена с помощью тиристора Т с силовой обмоткой 23 трансформатора, а в цепь управления каждого тиристора Т включена обмотка управления 22 каждой данной секции 10 , через резистор R соединяясь с обмоткой 24 управления трансформатора. Все силовые 21 и управляющие 22 обмотки всех секций тороидальной обмотки 11 по экватору тора чередуются между собой. Тиристоры Т и резисторы R схемы управления электропитанием секций 10 размещены в гнездах 25 и 26 на внутренней поверхности цилиндра 5, вблизи которых выполнены отверстия 27 для проводов соединения с обмоткой 6. Якорь 12 стянут винтом 28 по круговой оси. Необходимое количество пар колес по описанному устанавливается на рельсовом транспортном средстве в соответствии с заданными условиями эксплуатации. При включении электропитания напряжение вторичной обмотки 6 трансформатора подводится к тиристорам Т всех секций 10. В каждой из них, внутри которой в данный момент размещен стержень 13, индуктивное сопротивление оказывается заниженным, что открывает ее тиристор Т подводя ток к силовой части 21 секции 10. В результате образования магнитного поля данной секции она втягивает в себя магнитный якорь 12, смещая одновременно и стержень 13 в очередную секцию 10, поддерживая таким образом непрерывное движение якоря 12, реакция которого создает тягу колеса в обратном направлении. По заявке № 93054912/11 автор получил решение Роспатента о выдаче патента на изобретение Активное колесо рельсового транспорта [4].

III. Безопорная контактная сеть с индуктивным токосъемом по заявке № 93036393/11 Роспатента [5]

Контактная сеть предназначена для электропитания рельсового

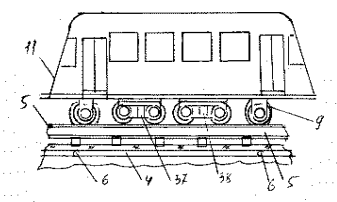


Рис. III-1 Общий вид
сбоку локомотива

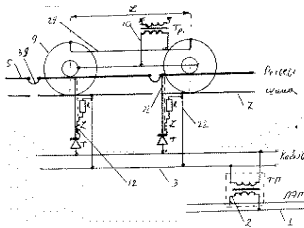


Рис. III-2 Принципиальная
электросхема безопорной
контактной сети



Рис. III-3 Поперечный
разрез колесной пары
с трансформатором

транспорта и может быть использована на городском, внутрицеховом и т.п. электротранспорте. Безопорная контактная сеть с индуктивным токосъемом включает в себя ЛЭП 1, тяговую подстанцию ТП 2, кабельную ЛЭП 3, проложенную в трубе 4 в непосредственной близости от рельсового пути 5, в котором на заданных расстояниях выполнены отверстия с люками 6 для доступа и размещения электросхемы тиристорного управления, токоподводящей шины 7 на кронштейнах 8 крепления к рельсам 5, токосъемных колесных пар 9, соединенных электрически с силовым трансформатором 10 локомотива 11.

Электросхема управления состоит из индуктивного датчика 12 в виде катушки 13 на стержне 14 с головкой 15 на уровне нижней кромки подкладки 16 под рельсовой подошвой 17, в отверстиях 18 которой на заданных расстояниях закреплены датчики 12 с помощью, например, сварки 19. Катушка 13 с добавочным резистором R включена в цепь управления тиристора Т, подключающего рельс 5 к полюсу кабельной ЛЭП 3 в трубе 4, второй полюс которой соединен непосредственно с шиной 7 на прокладках 20 кронштейнов 8, укрепленных к рельсам 5 болтовыми соединениями 21. Электропровода 22 соединяют шину 7 с ЛЭП 3, провода 23 соединяют рельс 5 с ЛЭП 3, провода 24 соединяют датчик 12 с тиристором Т и резистором R в схеме управления. Токосъемная колесная пара 9 имеет два колеса 25, на ребрах 26 которых с помощью электроизолирующих прокладок 27 укреплены, например, опрессовкой кольцевые токосъемники 28, электрически соединенные проводами 29 в сверлениях и пазах 30 на оси 31 с первичной вращающейся обмоткой 32 силового трансформатора 10, вторичная обмотка 33 которого размещена коаксиально с первичной обмоткой 32 в корпусе 34 с кронштейнами 35 крепления трансформатора 10 к платформе локомотива 10. Каждый вагон – локомотив электропоезда имеет по две колесных пары 9 по описанному, размещенных крайними, между которыми размещены опорные и тяговые тележки 37 и 38, являющиеся типовыми, применяемыми по своему прямому назначению.

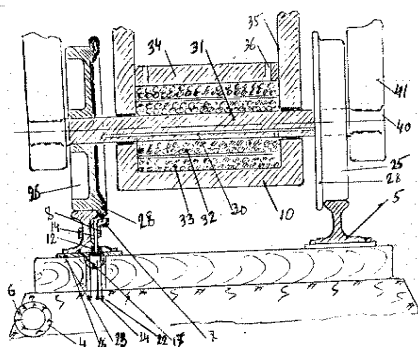


Рис. III-4 Продольный разрез колёсной пары

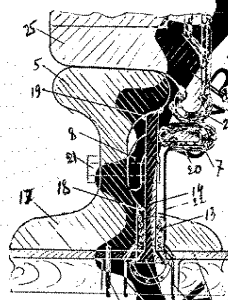


Рис. III-5 Местный вырез через индуктивный датчик



Рельсы 5 по стыкам соединены перемычками 39, каждый участок шины 7 соединен проводом 23 с жилой кабельной ЛЭП 3. Шейки осей 40 пар 9 размещены в типовые буксы 41 с подшипниками скольжения.

При включении тяговой подстанции ТП 2 на ЛЭП 3 подается напряжение, которое подводится к шине 7 через тиристор Т с датчиком 12 и к рельсам 5, соединенных между собой перемычками 39. Так как по месту нахождения вагона – локомотива 11 рельс 5 прогибается под тяжестью вагона, то головка рельса деформируется, прогибаясь, выдвигает головку 15 стержня 14 из отверстий 18 подошвы 17 и подкладки 16, уменьшая тем самым индуктивность катушки 13, которая и открывает соответствующий тиристор, подключая таким образом через него к источнику напряжения свой участок шины 7, откуда оно подается на первичную обмотку трансформатора 10, со вторичной обмотки 33 которого снимается рабочее напряжение на энергосиловое оборудование локомотива.

При движении вагона – локомотива 11 по рельсовому пути 5 таким же способом под действием веса локомотива осуществляется поочередное подключение соответствующих участков шины 7, обеспечивая непрерывное электропитание тяговой установки вагона – локомотива. По заявке № 93036393/11 автор получил решение Роспатента о выдаче патента на изобретение Безопорная контактная сеть с индуктивным токосъемом [5].

IV. Тиристорный электродвигатель по заявке № 4806386/07 Роспатента [6]

Электродвигатель позволяет повысить устойчивость и надежность электропривода при перегрузках в различных режимах работы в стационарных условиях и на транспортных средствах.

Электродвигатель состоит из статора 1, ротора 2, подшипниковых щитков 3 и 4 с подшипниками 5, в которых размещен вал 6 ротора 2. На валу 6 в торцевой части ротора 2 выполнена вторичная обмотка 7 трансформатора с выпрямителем 8 в пазу 9 ротора 2. Коаксиально обмотке 7 в статоре 1 выполнена первичная обмотка 11 трансформатора и неподвижная вторичная двухсекционная обмотка 12 управления этого же трансформатора. В пазах 13 статора 1 и ротора 2 выполнена зигзагообразная обмотка 14, зубовые изгибы 15 которой закреплены в пазах 16 статора 1 и ротора 2. В гнездах 17 в плоскости сечения по пазам 16 размещены диоды 18 параметрической связи, включенные в цепи управления тириستоров T_1 и T_2 , размещенных в клеммной коробке 19. Весь двигатель в сборе размещен на станине 20.



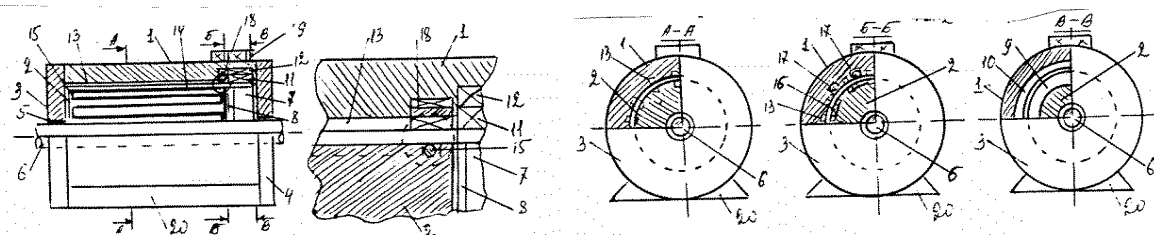


Рис. IV-1

Вид двигателя
сбоку с $\frac{1}{4}$ выреза
радиальными
плоскостями

Рис. IV-2

Местный разрез
по дросселям 18
радиальной
плоскостью

Рис. IV-3

Вид с торца
с $\frac{1}{4}$ выреза
по А – А
рис. IV-1

Рис. IV-4

Вид с торца
с $\frac{1}{4}$ выреза
по Б – Б
рис. IV-1

Рис. IV-5

Вид с торца
с $\frac{1}{4}$ выреза
по В – В
Рис. IV-1

При включении электропитания первичной обмотки 11 трансформатора возникают вторичные напряжения во вторичных обмотках 7 и 12. Напряжение обмотки 7 подается на выпрямитель 8, откуда поступает постоянный ток на обмотку ротора 2, создавая в магнитопроводе ротора постоянное магнитное поле. Напряжение обмотки 12 через тиристоры T_1 и T_2 подводится к выводам зигзагообразной обмотки статора 1, определяя направление тока в ней в соответствии с фазой работы соответствующего тиристора, которая изменяется в связи с относительным положением дросселей 18 и коленных изгибов 15 обмотки 14.

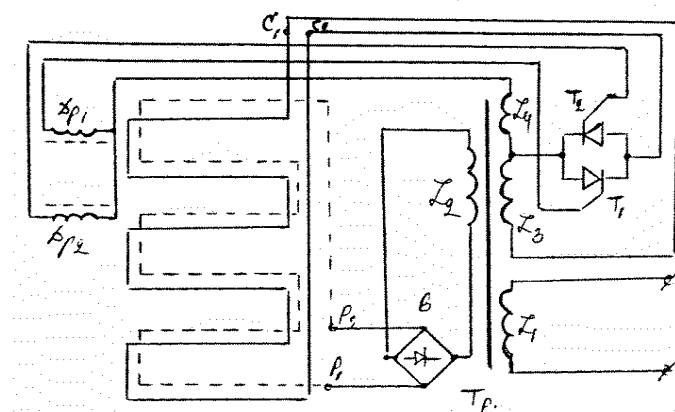


Рис. IV-6 Принципиальная электрическая
схема тиристорного электродвигателя

V. Дождевальная установка по патенту № 2063122 РФ [7]

Примером применения индуктивного токосъема для воздушного транспортного средства может служить исполнение электропривода в указанном изобретении. Установка предназначена для орошения путем дождевания на значительных расстояниях от источников водоснабжения и электропитания, поэтому она может быть использована для пожаротушения лесов и степей, промышленных объектов в труднодоступных местах и т.п.

Установка состоит из шасси 1 в виде треугольной фермы, по углам которой укреплены кронштейны 2 с возможностью вращения вокруг



вертикальных осей с колесами 3 облегченной конструкции, а в центре фермы размещена накопительная емкость 4 с балансирами 5 и электрореактивными аэродинамическими винтами 6 противоположных направлений вращения на осевой трубе 7. С помощью гибкого шланга 8 с кабелем 9 шасси 1 соединено с барабаном 10 с приводом 11 и водозабором 12, а кабелем 13 с блоком электропитания 14. Для увеличения удаленности от водоемов в качестве водозабора 12 может использоваться трубопроводная магистраль с отрицательным гидравлическим сопротивлением [8]. Внутри балансиров 5 размещены электрогидравлические насосы 15, соединенные с эластичными баллонами, под осевой трубой в емкости 4 выполнен электрогидравлический насос 16 со штуцером 17, к которому присоединен шланг 8 от барабана 10. Балансиры 5 соединены с насосами 15 патрубками 18. Подробнее об устройстве и работе электрогидравлических насосов различных конструкций можно узнать в [7].

Аэродинамические винты 6 выполнены в виде полых лопастей 19 аэродинамического профиля, на концах которых закреплены электрореактивные сопла 20, соединенные гидравлически с осевой трубой 7 трубками 21 с уплотнениями 22 у отверстий 23 в трубе 7, а электрически - с блоком питания 14 посредством индуктивного токосъёмника 24.

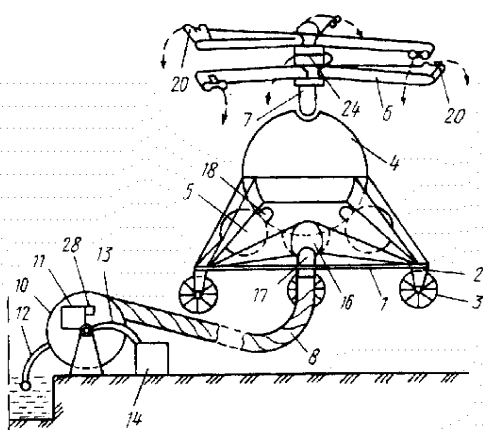


Рис.V-1 Общий вид установки

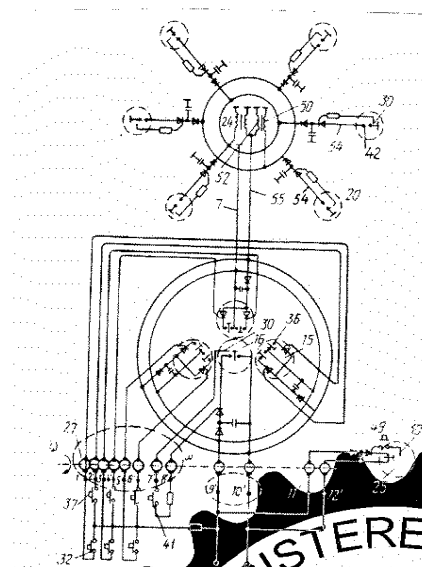


Рис.V-2 Принципиальная
электросхема установки

Внутри барабана 10 размещен насос 25 с гидравлическим уплотнением 26 с водозабором 12, а коммутационное устройство 27 со скользящими контактами соединяет электрокабель 13 с блоком питания 14. Привод 11 барабана 10 имеет электродвигатель 28 с червячным редуктором 29. Электропитание электрогидравлических насосов 15, 16 и 25 осуществляется от

автономных генераторов импульсного тока (ГИТ,ов) , содержащих выпрямительные диоды Д с емкостными фильтрами С и тиристоры Т, в цепь управления которых включены формирователь разрядов 30 в виде стержней в пробках 31 [см. источник 9], последовательно которым включены пусковые кнопки 32. Все ГИТ,ы размещены в виде блоков 33 для каждого насоса и закреплены в непосредственной близости от него. Насосы 15 балансиров 5 содержат всасывающие 34 и нагнетательные 35 клапаны , разрядники 36, соединенные с блоком электропитания через тиристоры , в цепи управления которых включены пусковые кнопки 37. Напорный насос 16 имеет клапаны 38 и 39, электроды 40 разрядника, подключенные к ГИТ,у , в цепь управления которого включен формирователь разрядов 30 с кнопкой 41.

Сопло 20 содержит разрядники 42, всасывающий клапан 43, выхлопное сопло в виде прижатых губок 44 с компенсаторами 45. Насос барабана 10 содержит корпус 25 , клапаны 46 и 47, разрядники 48 и пусковую кнопку 49 в цепи управления ГИТ,а.

Индуктивный токосъем 24 представляет собой два трансформатора с вращающимися вторичными обмотками 50 внутри сердечника 51, первичная обмотка 52 которого размещена на трубчатом сердечнике 53 на трубе 7. Выводы вторичных обмоток трансформаторов соединены с разрядниками 42 сопел 20 проводами 54 и трубопроводом 21 внутри лопасти 6. Электропитание трансформаторов индуктивного токосъема осуществляется по проводу 55 и осевой трубе 7, подключенных штепсельным разъемом от кабеля 9. Токосъемник 24 закреплен на трубе 7 с возможностью вращения торцевой крышкой 57 с винтами 58.

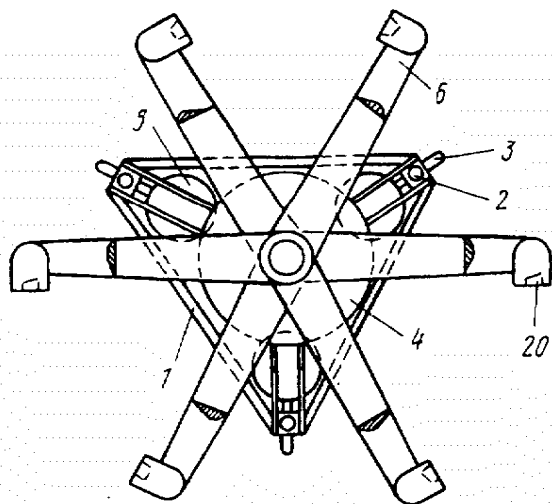


Рис.V-3 Вид сверху установки

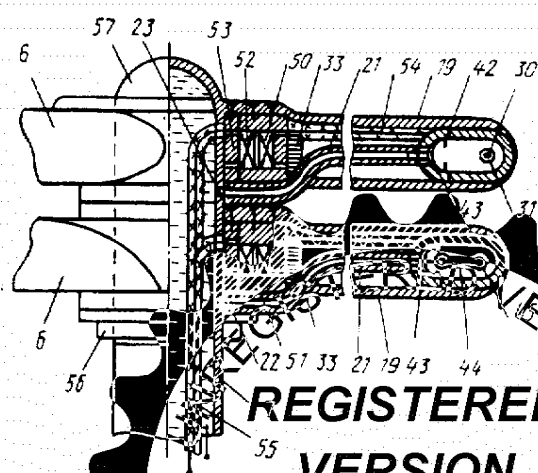


Рис.V-4 Разрез вертикальной плоскостью
аэродинамического двигателя
с индуктивным ТОКОСЪЕМОМ

При включении электропитания от блока питания по кабелю 13



напряжение подводится к коммутационному устройству барабана 10, от которого по кабелю 9 до штепсельного разъема на штуцере 17, от которого по проводу 55 и трубе 7 к первичной обмотке 52 трансформаторов индуктивного токосъема. Вторичное напряжение от обмоток 50 по проводам 54 и трубкам 21 подводится к ГИТ,ам и разрядникам 42 сопел 20. В результате электрогидравлического эффекта. Из сопел 20 истекают струи воды, раздвигая губки 44, образуя реактивную тягу для вращения винтов 6 и разбрызгивая воду для орошения. Путем регулирования наполнения балансиров 5 с помощью насосов 15 изменяется наклон оси винтов 6, изменяя и направление общей тяги винтов 6 в заданном направлении.

Разумеется, примеры применения индуктивного токосъема для решения технических задач транспортных систем можно продолжать не только известными и уже опубликованными работами, но из изложенного ясно, что такой способ индуктивного токосъема может найти в будущем на транспорте широкие перспективы.

Литература:

1. Крайнев А.Ф. Словарь – справочник по механизмам. – М.: Машиностроение, 1987, стр. 228 и др.
- 2.Вертинский П.А. К вопросу о полноте аксиоматики физических теорий // Вестник ИРО АН ВШ РФ № (1) 4, Иркутск, БГУЭП, 2004, стр.126 и др.
- 3.Вертинский П.А. Активное колесо транспортного средства//Патент №1736752 РФ БИ № 20 / 1992.
- 4.Вертинский П.А. Активное колесо рельсового транспорта // ИЛ № 017-93 ЦНТИ, Иркутск,1993.
5. Вертинский П.А. Безопорная контактная сеть // ИЛ № 058-93 ЦНТИ, Иркутск,1993.
6. Вертинский П.А. I. Магнитодинамика . г.Усолье-Сибирское. 1993, стр.99.
7. Вертинский П.А. Дождевальная установка // Патент № 2063122 РФ, БИ № 19/ 1996.
- 8.Вертинский П.А. Электрогидравлическая трубопроводная магистраль с отрицательным гидравлическим сопротивлением как принципиальная техническая основа решений передовых задач //Сб. «Сибресурс-2003», БГУЭП, Иркутск, 2003, стр. 296.
- 9.Вертинский П.А. Повышение эффективности электрогидравлических систем с использованием кумулятивного электрогидравлического эффекта // Сб. «Сибресурс- 2002», ИГЭА, Иркутск, 2002, часть I, стр.50.



05. ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЁТ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОЛИТНОГО НАСОСА

I. Краткое магнитодинамическое введение.

Как выяснилось, объективно-историческая ошибка в направлении силовой характеристики электромагнитного взаимодействия токов, привнесённая 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:

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

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:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (3) \quad \text{принять во внимание, что } \Phi = B \cdot S \quad (4), \text{ где } B = \mu\mu_0 H \quad (5).$$

$$\text{Так как по закону Био – Савара – Лапласа } H = \frac{I}{2\pi r} \quad (6),$$

$$\text{то можно величину ЭДС выразить: } E = -A \frac{d}{dt} \left(\frac{I}{r} \right) \quad (7), \text{ обозначив через}$$

$$\text{константу } -A \text{ все постоянные коэффициенты всех предыдущих преобразований. Тогда лишь, выполнив дифференцирование выражения (7), получим, что } E = -A \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \cdot \frac{dr}{dt} \right) \quad (8).$$

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: $E = E_1 + E_2$ (9), где: $E_1 = -A \frac{1}{r} \frac{dI}{dt}$ (10) и $E_2 = -A \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$ (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.) электрохимические 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 Роспатента /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.

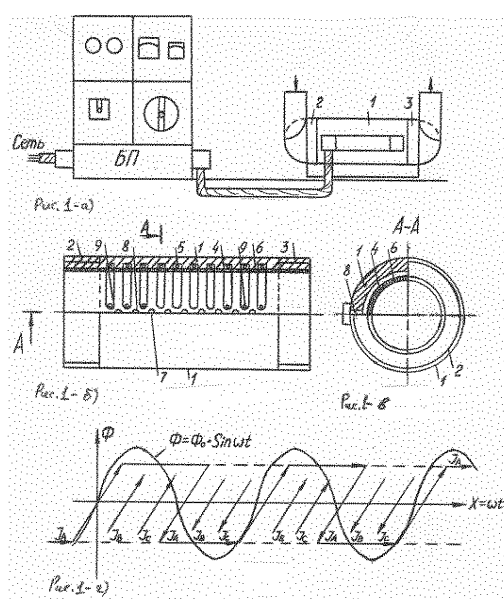


Рис.1. (Рис. 1 по источнику /3/)

Насос содержит трубчатый корпус-магнитопровод 1, по концам которого выполнены резьбовые стоны 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 ушки 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 типовой преобразователь частоты и переключатель фаз напряжения при необходимости регулирования производительности и направления гидропотока в магистраль.

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:

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

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

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

В результате суперпозиции этих фазных магнитных потоков вблизи внутренней поверхности корпуса насоса образуется общий магнитный поток величиной: $\Phi_{\text{общ}} = 3\Phi_o \sin \omega t$ (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 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 методов 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 ссылаться по ходу расчетов и проектирования.

Исходя из общего выражения величины энергии магнитного поля:

$$W_m = \int_V \frac{BH}{2} \cdot dV \quad (14), \quad \text{где } B = \mu\mu_0 H \quad (15), \quad \text{если } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

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:

$S_m = \sqrt{P} \quad (16)$ и $60 = S_m \cdot N_1 \quad (17)$, где: S_m - площадь сечения магнитопровода в 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: $R = \rho \frac{l_{np}}{S_{np}} \quad (18)$ и $L = \mu\mu_0 \cdot \frac{N^2}{l_k} \cdot S_m \quad (19)$,

где: R - активное сопротивление проводника в Ом, ρ - удельное сопротивление проводникового материала в Ом·мм²/м, N - число витков обмотки, l, S - линейные размеры сечения соответствующих элементов. Сводя в общую таблицу наиболее общие расчетные формулы, получим следующие формулы расчета проектируемой модели насоса:



№ № пп	Наименование расчетных величин	Расчетная Формула	Единица измерени я
1.	Полная мощность	$S_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi}$	ВА
2.	Активная мощность	$P = 3U_{\phi}I_{\phi} \cos \varphi$	Вт
3.	Сила тока фазного	$I_{\phi} = \frac{S_{\phi}}{3U_{\phi}}$	А
4.	Допустимое сечение провода	$S_{np} = \frac{I_{\phi}}{i_{np}}$	мм ²
5	Сечение магнитопровода корпуса	$S_m = \sqrt{P}$	см ²
6.	Количество витков обмотки на 1 в	$N_1 = \frac{60}{S_m}$	Витков
7.	Активное сопротивление фазы	$R_{\phi} = \rho \frac{l_{np}}{S_{np}}$	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 % насыщения)
 Плотность - $\rho_{ж} = 1,2 \text{ кг / л}$
 Температура - $T = + 18 ^\circ\text{C}$

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. - $\eta = 50 \%$
 Коэффициент мощности - $\cos \varphi = 0,5$
 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: $N_{мех} = Q \cdot H \cdot \rho_{ж} \cdot g = 1 \frac{\text{л}}{\text{с}} \cdot 40 \text{ м} \cdot 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{л}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 480 \text{ Вт}$

2) По заданному общему к.п.д. = 50 % определим потребляемую мощность: $P = \frac{N_{мех}}{0,5} = 960 \text{ Вт}$

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: $S_{np} = \frac{I_{\phi}}{i_{np}} = \frac{3 \text{ а}}{5 \frac{\text{а}}{\text{мм}^2}} = 0,6 \text{ мм}^2$



где $i_{пр} = 5 \frac{a}{мм^2}$ - 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:

$$S_m = \sqrt{P} = \sqrt{960} \cong 30 см^2$$

С учетом равнозначности фазных полюсов принимаем для каждого:

$$S_A = S_B = S_C = 10 см^2$$

6) Из расчетной формулы (6) формуляра п. III-1 находим число витков обмотки на 1 вольт: $N_1 = \frac{60}{30} = 2$ витка на 1 вольт.

7) По фазному напряжению $U_{\phi} = 220$ в определяем минимум числа витков каждой фазы обмотки: $N_{\phi} = 220$ в $\times$ 2 витка = 440 витков
- 9 -

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 $h_{\Pi} = 5$ мм. Тогда из геометрических соображений можно определить кольцевой

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

Это в свою очередь позволяет определить внутренний диаметр

канала насоса: $d = \frac{l_{пол}}{\pi} = \frac{20 см}{3,14} \cong 6 см$

9) Полагая ширину магнитопровода фазы не менее ширины полюса, получим для толщины стенки корпуса: $h_{кор} = 3 h_{пол} = 15$ мм

что приводит к возможности вычисления внешнего диаметра корпуса насоса: $D = d + 2 h_{кор} + 2 h_{пол} = 100$ 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: $l_{кор} = 54 (h_{пол} + h_{паз}) = 540$ мм

С учетом торцевых частей корпуса принимаем общую длину насоса:

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

10) 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 х 0,5 мм . Тогда:

$$L_1 = \mu \mu_o \frac{N_{\phi}^2}{l_k} \cdot S_{\text{м}} = 4\pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(25)^2}{3 \cdot 10^{-2}} \cdot 10^{-3} = 0,025 \text{ гн},$$

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

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

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:

№ № 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_{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 х 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.

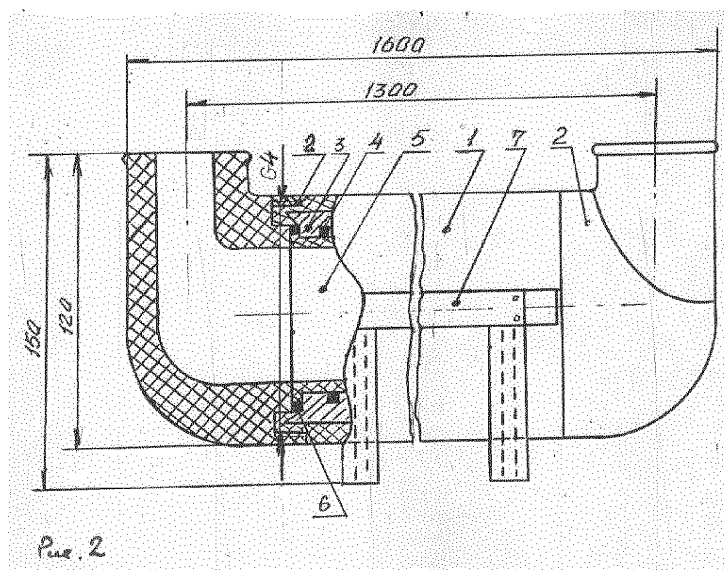


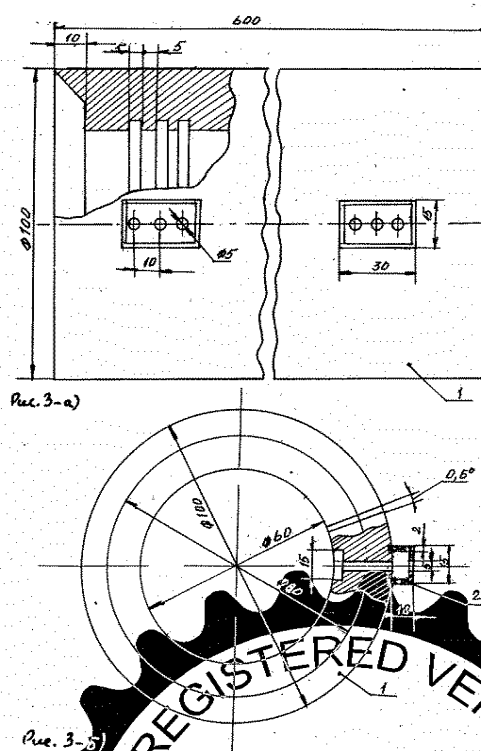
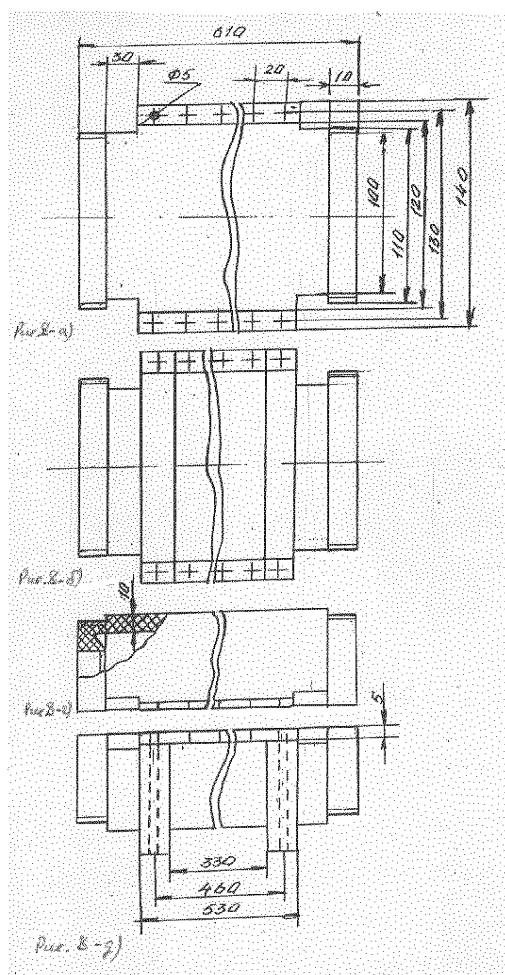
Рис.2 (Рис.2. по источнику /3/)

№№ пп	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 лапками для крепления на фундаменте с помощью болтов. Внутренняя поверхность полуцилиндрических частей корпуса имеет углубленные лапы в торцевых частях для крепления шихтовки магнитопровода,

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 по источнику [8])

№ № 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	

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.

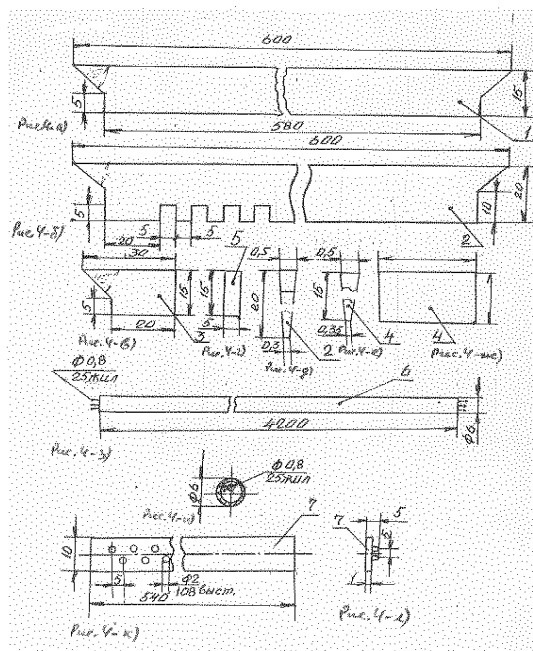


Рис.5 Комплектующие детали индуктора и обмотки (Рис.4 по источнику /3/)

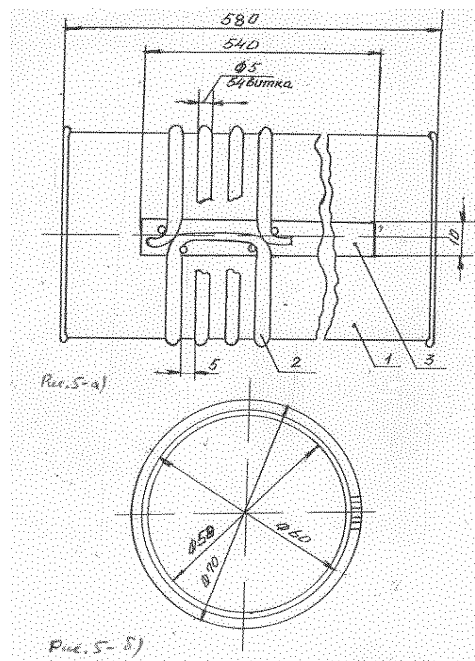


Рис.6 Обмотка индуктора (Рис.5 по источнику /3/)

№№ 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 П Э В	П Э В	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 в их место соединения изолируется с помощью трубки ПВХ или изолянт.

№ № 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

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

584

540

20

2

60

Fig. 6-a)

10

1

580

540

Fig. 6-b)

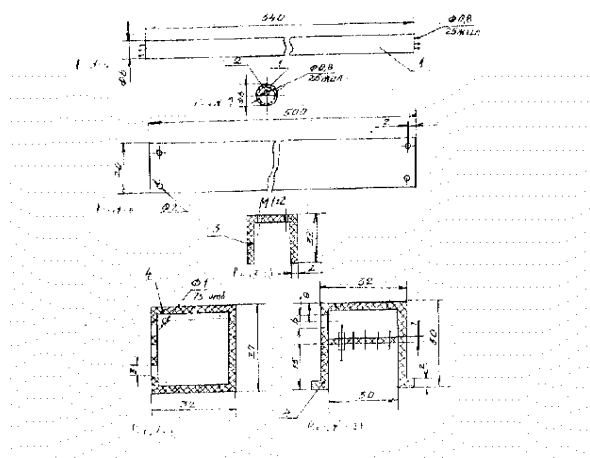


Рис.7 Рабочая камера насоса Рис.8 Коллектор обмотки инвертора.
(Рис.6 по источнику [3/]) (Рис.7 по источнику [3/])

№.№ 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	2 шт.
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.



06. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ АЛЮМИНИЯ

I. Возникновение вопроса.

Как свидетельствует последний выпуск Государственного Доклада «О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2000 году»: «...несмотря на выполнение природоохранных мероприятий в рамках федеральных программ, валовые выбросы в атмосферу увеличились за счёт значительного роста (почти в два раза) валовых выбросов в атмосферу на ОАО «БрАЗ»...[1]. Из технологии производства алюминия [2] известно, что наиболее вредными компонентами в газовых выбросах электрометаллургического процесса выплавки алюминия из глинозёма являются фтористый водород и бенз(а)пирен. Если выбросы фтористого водорода являются следствием использования в электролизе фтористых солей, то бенз(а)пирен высвобождается из глинозёма в процессе электролиза. Отмеченные выше особенности образования газовых выбросов электрометаллургии алюминия отражаются и на сущности современных способов очистки газовых выбросов на алюминиевых заводах. Эти способы очистки заключаются в пропускании газовых выбросов электролизного производства через рукавные фильтры, на внутренних поверхностях которых нанесён слой глинозёма – сырья для выплавки алюминия. Частичное (полусухой способ) или полное (сухой способ) пропускание газовых выбросов электролизного производства таким образом позволяет поглотить и вернуть в технологический процесс часть фтористого водорода, сэкономив тем самым некоторое количество необходимых для электролитического процесса фтористых солей. К сожалению, бенз(а)пирен такими методами практически не поглощается, так как он содержится в самом глинозёме. Другими словами, «сухой» или «полусухой» способы очистки газовых выбросов алюминиевых заводов преследует цель прежде всего сэкономить расходы на фтористые соли, но не позволяет обеспечить экологическую безопасность технологического процесса. Размеры достигаемой экономии при таких способах очистки станут понятными, если вспомнить структуру себестоимости первичного алюминия, представленную в таблице 1 [2]:

№№ пп	Статьи расходов	Доля в %
1.	Глинозём	42
2.	Анодная масса	10
3.	Фтористые соли	5
4.	Электроэнергия	23
5.	Зарплата	4
6.	Цеховые расходы (эксплуатация)	4
7.	Заводские расходы (управление)	2
8.	ИТОГО	100



Из приведенных в табл. 1 сведений по распределению расходов на производство первичного алюминия следует, что «сухой» и «полусухой» способы очистки газовых выбросов могут привести к снижению себестоимости не более, чем на 5%. Здесь же необходимо подчеркнуть, поучить чистый алюминий высокого качества на первичной стадии его электролизной выплавки принципиально невозможно. Для повышения качества алюминия необходимы вторичные, сложные и трудоёмкие процессы, что ярко отражается на ценах за алюминий в зависимости от его чистоты в таблице 2 [2]:

Табл. 2:

A 999	42 000 USD
A 995	1350 USD
A 850	985 USD

Так как наша отечественная алюминиевая промышленность поставляет на мировой рынок алюминий преимущественно низкого качества, то из отмеченного выше ясно, что противопоставление экономики и экологии в алюминиевой промышленности принципиально не способно повысить её конкурентоспособность. Следовательно, инженерная мысль должна искать другие резервы для снижения себестоимости первичного алюминия или для повышения его качества, чтобы обеспечить ему конкурентоспособность на мировом рынке. Рассмотрим здесь несколько таких технических решений.

II. МАГНИТОДИНАМИЧЕСКИЙ ПЕРФОРАТОР ПО ЗАЯВКЕ № 2000123642 / 02 РОСПАТЕНТА

Как известно [2], производство глинозёма - наиболее затратная статья в структуре себестоимости производства первичного алюминия, поэтому здесь могут скрываться многие резервы экономии. Действительно, так как электролитический процесс выплавки алюминия предъявляет к глинозёму весьма высокие требования по чистоте и размерам частиц, которые необходимо периодически добавлять в расплав криолита в ванне электролизера, то в технологическом процессе производства самого глинозёма большую роль играют устройства и установки по дроблению, разделению фракций и просеиванию глинозёмной массы в больших объёмах. В этих установках применяются сита в виде металлических листов с большим количеством отверстий, выполнение которых на машиностроительных заводах связано большими трудозатратами, весьма энергоёмко и поэтому низкопроизводительно, что в итоге и удорожает всё производство глинозёма. Вместе с тем, как известно [3], магнитодинамические устройства отличаются способностью превращать электроэнергию в механическую работу непосредственно, предотвращая непроизводительные в механизмах промежуточных преобразователей движений, трущихся пар, подшипников и т. п. элементов традиционных механизмов,

которые то и определяют снижение к. п. д. ухудшают массово-габаритные показатели оборудования. В качестве примера здесь можно привести ножницы для разделения материала по патенту № 1424998 РФ и др. На основе этого изобретения [4] разработан и магнитодинамический перфоратор, сущность устройства и работы которого поясняется рисунками рис.П-1, рис.П-2, рис.П-3 и рис.П-4:

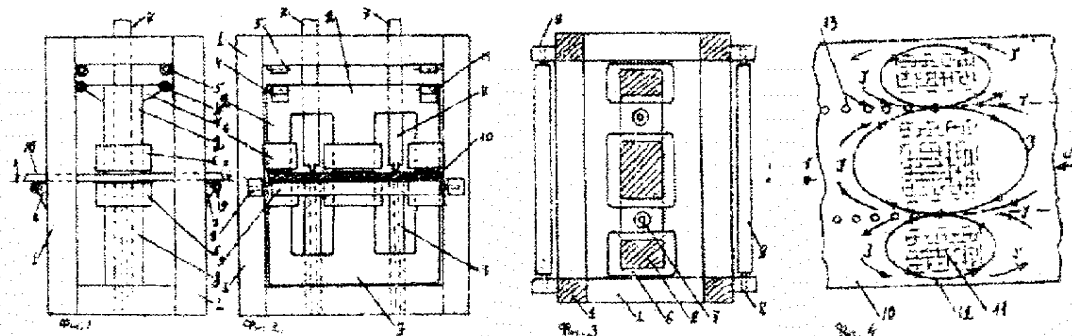


Рис.П-1

Рис.П-2

Рис.П-3

Рис.П-4

На рис.П-1 показан вид сбоку каркаса с индуктором перфоратора, на рис.П-2 – вид спереди каркаса с индуктором перфоратора, на рис.П-3 – разрез по А-А рис.П-1 и на рис.П-4 показана схема короткозамкнутых контуров вторичных токов в обрабатываемом листовом прокате между стержнями индуктора. На указанных рисунках цифровыми позициями обозначены: 1 – каркас станины, 2 и 3 – неподвижная и подвижная части магнитопровода, 4 и 5 – кронштейны, 6 – обмотки индуктора, 7 – штоки с держателями пуансонов и матриц, 8 – кронштейны опорных роликов 9, 10 – обрабатываемый прокат, 11 – участки обрабатываемого проката между магнитными полюсами 12 индуктора. Магнитодинамический перфоратор предназначен для высокопроизводительного выполнения отверстий в листовом или ленточном прокате твёрдых сплавов, поэтому он может быть использован для производства решет, сеток, диафрагм и т. п. металлических изделий, содержащих большое количество отверстий заданного профиля. Техническая задача по высокопроизводительному выполнению отверстий в толстолистовом прокате достигается магнитодинамическим перфоратором, содержащем между неподвижными траверсами в средней части станины ножницы из патенту № 1424998 РФ многостержневой индуктор из подвижной и неподвижной частей магнитопровода с обмотками из коiled провода, соединенных электрически согласно между собой и с источником переменного тока, а гидравлически – с источником гидравлического давления. В ярме магнитопровода подвижной и неподвижной частей выполнены сквозные отверстия с размещенными в них пуансонами и матрицами, соединенными с соответствующими штоками держателей магнитодинамических приводов.

Так как при включении электропитания индуктора его первичная обмотка индуцирует в обрабатываемом металле вторичные короткозамкнутые токи, то вследствие высокой плотности этого тока в узловых точках проката (см. рис. II-4) между полюсами индуктора создаётся высокая температура металла, создавая высокую пластичность металла и позволяя его высокопроизводительную обработку путём выштамповки с помощью магнитодинамического привода. При смещении обрабатываемого листа на опорных роликах На заданный интервал между отверстиями за период работы привода осуществляется высокопроизводительная автоматическая перфорация листа.

Новым в магнитодинамическом перфораторе является выполнение многостержневого индуктора между неподвижными траверсами станины и ножниц по патенту № 1424998 РФ, состоящего из подвижной и неподвижной частей магнитопровода и обмоток из трубчатого провода, соединённых электрически согласно между собой и с источником переменного тока, а гидравлически - с источником хладагента (рефрижератором). По заявке № 2000123642/02 на магнитодинамический перфоратор автор получил решение Роспатента о выдаче патента на изобретение.

III. ТРУБОПРОВОДНАЯ МАГИСТРАЛЬ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКИХ СПЛАВОВ ПО ЗАЯВКЕ №2000120829 / 06 РОСПАТЕНТА

Далее обратим своё внимание на строку расходов в структуре себестоимости первичного алюминия под названием «цеховые расходы», которая обобщает эксплуатацию всех устройств и установок от электролизеров до миксеров литейных отделений. Особое замечание здесь необходимо сделать относительно исключительно вредных и опасных условий труда персонала в процессе эксплуатации устройств и установок в электролизных цехах алюминиевых заводов. Например, извлечение жидкого алюминия из ванн электролизеров с помощью так называемых вакуум - ковшов и их транспортировка на тракторных тележках к миксерам литейных отделений осуществляется персоналом в загазованной и жаркой атмосфере и связана с огромными физическими и нервными напряжениями.

Вместе с тем, электрогидравлические насосы [5] вполне надёжно и значительно проще позволяют извлекать жидкие сплавы и расплавы при любом заданном давлении. Такие насосы [6], кроме того, возможно использовать для подачи жидкого алюминия в специальные трубопроводные магистрали, что позволяет обеспечить осуществление этой весьма трудоёмкой и экологически опасной технологической операции автоматически, без участия персонала.

На рис. III-1, рис. III-2 и рис. III-3, 4, 5 показаны устройство и принцип действия такой трубопроводной магистрали. На рис. III-1 представлена электросхема питания от трёхфазной сети переменного



тока промышленной частоты трубопроводной магистрали для транспортировки жидких сплавов, на рис. III-2 показана схема устройства трубопроводной магистрали для транспортировки жидких сплавов, а рис. III-3, 4, 5 показано соединение вида с половиной разреза накидной гайки, кольцевого электрода и стыка трубопроводной магистрали для транспортировки жидких сплавов. На указанных рисунках цифровыми позициями обозначены: 1 – трубопровод, 2 – накидная гайка, 3 – кольцевой электрод, 4 – клемма выводная, 5 – электроизолированные провода, 6 – жилы электрокабеля, 7, 8 – трансформатор, 9 – хлысты труб, 10 – сгоны, 11 и 12 – резьбы противоположных направлений, 13 – кольцевая область гайки 3 с отверстием 14, 15 – кольцо электрода с кольцевым выступом 16 и сверлением 17, 18 – шпилька с выводом 19, 20 – электро – теплоизолирующий слой, 21 – опоры, 22 – жидкий сплав.

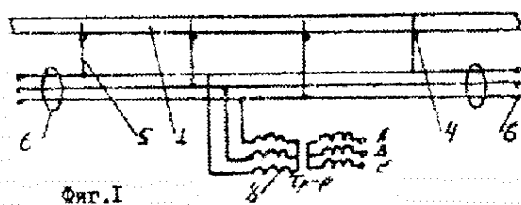


Рис. III-1

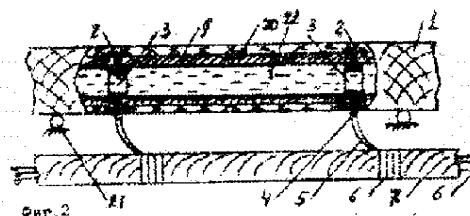


Рис. III-2

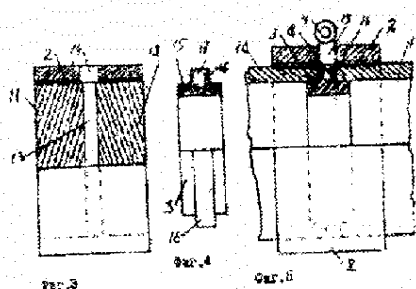


Рис. III-3, 4, 5

Обеспечить поддержание в течение всего периода протекания жидкого сплава по трубопроводной магистрали его рабочую температуру выше точки плавления возможно с помощью электропрогрева путём пропускания электрического тока по самому жидкому сплаву в потоке, для чего и выполнены такие конструктивные признаки, которые обеспечивают токоподвод непосредственно к сплаву в потоке. Данная техническая задача решается с помощью штуцеров и ниппелей с противоположно направленными резьбами, соединённых между собой накидной гайкой также с противоположными направлениями резьб на противоположных сторонах. Между штуцерами и ниппелем закреплён кольцевой тугоплавкий электрод с выводной клеммой в отверстии накидной гайки.

Так как кольцевые электроды выполнены в каждом стыке хлыстов труб данной магистрали, то при подключении к ним с помощью

выводных клемм электропитания от сети переменного тока обеспечивается электропрогрев сплава в жидком состоянии в течение всего периода его протекания по трубопроводной магистрали. Так как применение магистрали по описанному предотвращает использование всех иных транспортных средств (вакуум-корвшов с жидким сплавом и пр.), то не только повышается производительность труда цехового персонала, но прежде всего повышается культура труда, обеспечивается экологическая безопасность технологического процесса извлечения из ванн электролизёров и транспортировка жидкого алюминия к миксерам литейных отделений. По заявке №2000120829 / 06 Роспатента на трубопроводную магистраль для транспортировки жидких сплавов автором получено решение Роспатента о выдаче патента на изобретение.

IV. МАГНИТО-ДИНАМИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОЛИЗЁР ПО ПАТЕНТУ №2197550 РФ

Наконец, обратим своё внимание на различие цен в десятки раз между алюминием марки А 999 и того алюминия А 995, который преимущественно и поставляют на мировой рынок наши отечественные алюминиевые заводы. Как уже выше отмечалось, переплавка первичного алюминия в марки более высокой чистоты связана с необходимостью проведения дополнительных трудоёмких металлургических процессов. Между тем, на основе магнитодинамики [3] можно предложить ряд установок не только для переплавки, но и для производства алюминиевых труб по патенту № 2026768 РФ [7] и др. Устройство и работа магнито - динамического электролизёра по патенту №2197550 РФ [8] представлена на рис. IV-1 и рис. IV-2, на которых представлены разрез электролизера вертикальной плоскостью и сечение по А-А рис. IV-1. Цифровыми позициями на указанных рисунках обозначены: 1 - цилиндрический корпус магнитопровода, 2 – осевой стержень магнитопровода, 3 и 4 - дисковые верхний и нижний основания магнитопровода, 5 и 6 - цилиндрические обмотки из трубчатого провода, 7 - жаростойкая электро- и термоизоляция, 8, 9 и 10 – патрубки-каналы для загрузки и извлечения компонентов и продуктов выплавки алюминия.

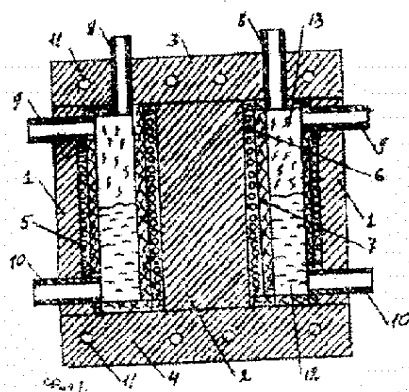


Рис. IV-1

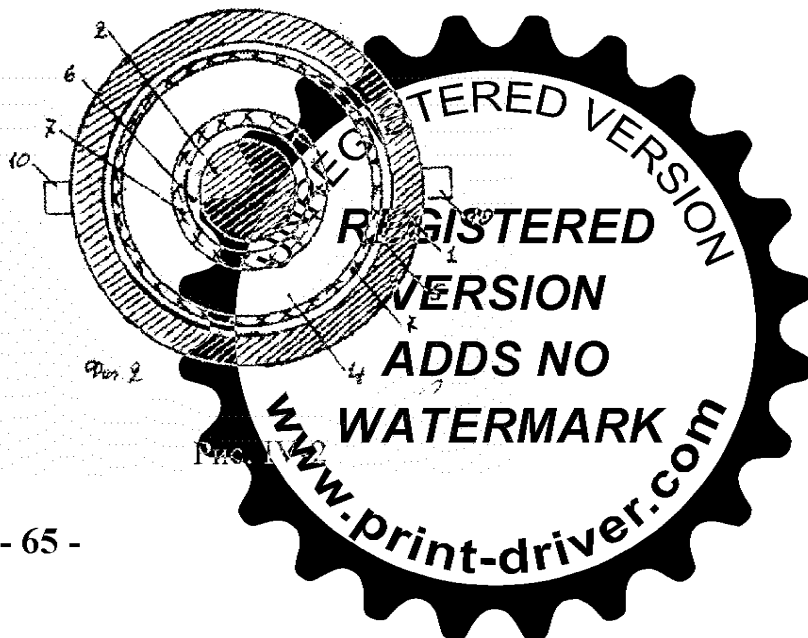


Рис. IV-2

Технической задачей, на решение которой направлено данное изобретение, является осуществление выплавки алюминия с помощью индукционных токов, что позволяет предотвратить использование электродов, обеспечить непрерывный технологический процесс с полной механизацией и автоматизацией всех операций, включая извлечение жидкого алюминия. Действительно, при включении электропитания обмоток индуктора в металле на дне ванны индуцируются короткозамкнутые контуры электрического тока, энергия которых выделяется в виде теплоты, расплавляя металл и поддерживая заданную рабочую температуру расплава, в котором под действием электротока протекают электрохимические реакции до образования сплава заданного состава и свойств. По мере накопления на дне ванны сплава с заданными свойствами осуществляется его непрерывное извлечение с одновременной загрузкой новых доз исходных материалов.

Обобщая выше изложенные примеры решения технических задач по обеспечению экологической безопасности в технологических процессах электрометаллургии алюминия, число которых можно было увеличивать по решению конкретных технических и технологических задач, уже обоснованно можно отметить, что все приведенные примеры решения технических задач, направленные на экологизацию технологических процессов в электрометаллургии алюминия, вместе с этим позволяют более эффективно решать и экономические задачи электрометаллургического производства, так как в конечном счёте повышение культуры и производительности труда, снижая себестоимость в алюминиевой промышленности уверенно обеспечат ей и конкурентоспособность на мировом рынке. Действительно, как свидетельствуют эксперты, (см., например, журнал ЭКСПЕРТ № 27 за июль 2002 г. и др.), Россия за последние годы снизила экспорт алюминия на 16,5 %. Это значит, что на мировом рынке требуется алюминий более высокого качества, чем производит его отечественная электрометаллургия. Кроме того, по прогнозам Минпромнауки РФ уже в ближайшие годы ожидается возрастание потребности в высококачественном алюминии и на внутреннем рынке России, прежде всего в автомобильной, транспортной и упаковочных отраслях. В этой связи вполне обоснованными выглядят опасения упомянутых экспертов, что при сохранении существующих технологий в отечественной электрометаллургии алюминия российским промышленным предприятиям придётся закупать высококачественный алюминий за рубежом.



Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2000 году», Госкомприроды по Иркутской обл., Иркутск, 2001.
2. Ветюков М.М. и др. Электрометаллургия алюминия и магния. М., «Металлургия», 1987.
3. Вертинский П. А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики // Сб. материалов «Сибресурс-2002», ИГЭА, Иркутск, 2002.
4. Вертинский П. А. Ножницы для разделения материалов // Патент № 1424998 РФ, БИ № 35/1988.
5. Вертинский П. А. Повышение эффективности электрогидравлических систем с использованием кумулятивного электрогидравлического эффекта // Сб. материалов «Сибресурс-2002», ИГЭА, Иркутск, 2002.
6. Вертинский П. А. Электрогидравлический насос // Патент № 1824504 РФ, БИ № 24/1993.
7. Вертинский П. А. Установка для литья металлических труб // Патент № 2026768 РФ, БИ № 2/1995.
8. Вертинский П.А. Устройство для выплавки алюминия // Патент № 2197550 РФ, БИ № 3/2003.



07. К МАГНИТОДИНАМИКЕ СУПЕРПОЗИЦИИ ПОЛЕЙ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

I. Возникновение проблемы.

После интенсивных экспериментальных исследований в начале XIX века результаты опытов Х. Эрстеда, А. Ампера, М. Фарадея и других исследователей были использованы Дж. Максвеллом в качестве аксиоматической основы электродинамики в виде известных уравнений Максвелла:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \quad (\text{I-1}), \quad \operatorname{rot} \vec{H} = \frac{d\vec{D}}{dt} + \vec{j} \quad (\text{I-2}), \quad \operatorname{div} \vec{D} = \rho \quad (\text{I-3}), \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad (\text{I-4})$$

Так как в период создания классической электродинамики природа магнетизма была неизвестна, до создания теории атомно-молекулярной структуры вещества, на основе которой и была в начале XX века разработана теория ферромагнетизма, феномен магнетизма воспринимался самостоятельно, то направление магнитной стрелки около провода с током было воспринято Х. Эрстедом непосредственно как ориентация магнитных сил [1]. Именно вследствие этой неадекватности одной из аксиом в основаниях классической электродинамики сразу же возник так называемый «электромагнитный парадокс», заключающийся в несоответствии направления электромагнитного взаимодействия электрических токов третьему закону динамики И. Ньютона. Многочисленные попытки объяснить или снять этот "парадокс" за всю историю электродинамики лишь запутывали сущность вопроса и приводили к новым противоречиям в ней. После замены в фундаментальной системе уравнений классической электродинамики неадекватного положения, что

$\operatorname{div} \vec{B} = 0$ (I-4), которое означает отсутствие источников магнитного поля, на соответствующий действительности принцип, что

$\operatorname{div} \vec{T} = \mu_0 \mu i$ (I-5), оказалось возможным не только снять «электромагнитный парадокс», но и решить многие теоретические проблемы электродинамики и практические задачи электротехники [1].

Сводя полученные результаты по [1] с известными уравнениями Максвелла для стационарного тока, получим систему

$$\operatorname{div} \vec{T} = \mu_0 \mu i \quad (\text{I-5}), \quad \operatorname{div} \vec{D} = \rho \quad (\text{I-6}), \quad \operatorname{rot} \vec{E} = 0 \quad (\text{I-7}), \quad \operatorname{rot} \vec{T} = 0 \quad (\text{I-8}),$$

на основе которой оказалось возможным решение задачи в трехмерном пространстве («электромагнитный парадокс», взаимодействие тороидальных обмоток, взаимодействие длинных соленоидов и др.).

I-1. Э.Д.С. электромагнитной индукции

Одной из ярких иллюстраций изложенному является самоочевидный вывод магнитодинамики [1] об электромагнитной индукции при изменении магнитного натяжения вблизи проводника с изменением тока во времени:

$$T = \frac{I}{2\pi r} \quad , \quad (I-9) \quad \frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt} \quad (I-10)$$

В традиционном электродинамическом анализе это выражение (I-10) 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 электро- магнитной индукции. То есть, если в законе Фарадея :

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (I-11) \text{ принять во внимание, что } \Phi = B \cdot S \quad (I-12), \text{ где } B = \mu\mu_0 H$$

$$(I-13), \text{ а по закону Био–Савара–Лапласа } H = \frac{I}{2\pi r} \quad (I-14), \text{ то можно}$$

$$\text{величину ЭДС выразить: } E = -A \frac{d}{dt} \left(\frac{I}{r} \right) \quad (I-15), \text{ обозначив через константу}$$

$$-A \text{ все постоянные коэффициенты всех предыдущих преобразований. Тогда лишь, выполнив дифференцирование выражения (I-15), получим, что } E = -A \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \cdot \frac{dr}{dt} \right) \quad (I-16), \text{ которое}$$

от (I-10) отличается лишь масштабной константой $-A$. К сказанному по выражениям для ЭДС электромагнитной индукции (I-10) и (I-16) можно добавить, что величина ЭДС состоит из двух частей:

$$E = E_1 + E_2 \quad (I-17), \text{ где : } E_1 = -A \frac{1}{r} \frac{dI}{dt} \quad (I-18) \text{ и } E_2 = -A \frac{I}{2\pi r^2} \cdot \frac{dr}{dt} \quad (I-19).$$

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 (I-19) 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 (I-16). Но зависимость ЭДС от $\left(\frac{1}{r^2}\right)$

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 (I-19) непосредственно следует, что при погружении первичной обмотки в электролит возможно образование в нем значительных токов 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.) и другие эффекты. На последних научно-практических конференциях «Сибресурс» [2], [3], [4] и др. мне уже пришлось докладывать о технических решениях на основе этих принципов, поэтому ниже я лишь кратко напомним суть дела.

И-2. Индуктивный токосъём.

Среди многочисленных практических следствий магнитодинамики из этого выражения (I-19) самоочевидным является вывод об отсутствии ЭДС при относительном вращении двух коаксиальных цилиндрических обмоток, если сохраняется условие, чтобы $r = \text{Const}$. Другими словами, известное из электротехники условие трансформации, что:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{I-20})$$

является одинаково справедливым для неподвижных

и для вращающихся относительно друг друга коаксиальных цилиндрических обмоток. Данный вывод и положен в основу нового способа осуществления индуктивного токосъёма для этой технической задачи [2].

И-3. Зигзагообразные обмотки.

Из выражения (I-10) $\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dl}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$ непосредственно следует и не самоочевидный в традиционной электротехнике вывод о новых функциональных возможностях зигзагообразных обмоток, когда вторичный провод находится между коленами первичного провода. Из выражения (I-10) сразу следует, что общая Э.Д.С. в таком случае можно выразить уравнением: $E_{об} = E_1 - E_2$ (I-21) [3]. Но в традиционной электротехнике к этому выводу, теперь зная о его возможности, удаётся подойти лишь после целеустремленных преобразований взаимной индуктивности обмоток любых форм, которая определяется их геометрическими размерами, взаимными расположением и ориентацией в пространстве. Действительно, так как ЭДС индукции: $E = -\frac{d\Psi}{dt}$ (I-22),

где потокосцепление $\Psi = M_{21}i_1$ (I-23) Так как взаимная индуктивность

$$M_{21} = \mu\mu_o \frac{l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{x} - 1 \right) \quad (\text{I-24}),$$

то при известном $i_1 = I_1 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ (I-25)

получаем зависимость ЭДС индукции в прямом проводе при изменении тока во втором (первичном) проводе на заданном расстоянии от

$$\text{первого: } E = \mu\mu_o \frac{l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{x} - 1 \right) \omega i_o \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (\text{I-26}).$$

Если теперь

разместить провод с индуцируемым током между двумя сторонами колена изогнутого первичного провода с током по (I-26), то и направления соответствующих ЭДС индукции во вторичном проводе противоположны друг другу, что можно выразить уравнением по (I-21): $E_{об} = E_1 - E_2$ [3].

I-4. Спирально-конические обмотки силовых систем.

Также, используя в качестве силовой характеристики магнитного поля величину магнитного натяжения по (I-9): $T = \frac{I}{2\pi r}$, можно лаконично выразить величину плотности энергии магнитного поля: $\omega = \mu_o \mu T^2$ (I-27), которая сразу позволяет выразить величину магнитодинамического взаимодействия как производную от энергии по расстоянию: $f = \frac{dW}{dr} = \frac{d(\omega V)}{dr} = \frac{C}{r^2}$ (I-28), (где $C = \text{Const}$ вбирает в себя все постоянные величины), которое открывает многочисленные возможности технических решений на основе магнитодинамики [4].

II. Основания радиотехнических решений.

Придерживаясь здесь понятий и определений магнитодинамики [1], можно отметить, что вектор-функция $\vec{T}(\vec{r})$ натяжения магнитных полей электрических токов ориентирована нормально к своим токам, являющимися «монополями» магнетизма по (I-5) $\text{div} \vec{T} = \mu_o \mu i$. Другими словами, решая задачи суперпозиции магнитных потоков в классической электродинамике, приходится изначально сталкиваться с неопределенностью, порождаемой несвойственным скалярным величинам векторным характером, приписываемым им в силу неадекватности аксиомы по (I-4) $\text{div} \vec{B} = 0$. В построении радиотехнических цепей, как известно, широко применяются преобразователи сигналов, основанные на дифференцирующих и интегрирующих свойствах цепей типа RC, LC и LR и их различные параллельные и последовательные соединения, где символами R, C и L обозначены участки, содержащие резистор, емкость и индуктивность соответственно.

В подобных задачах возникает неопределенность при использовании таких элементов цепей в качестве общих участков двух или большего числа контуров электрических токов или магнитных потоков, как это происходит, например, при разветвлении или схождении в узле нескольких электрических токов или магнитных потоков. Подобные задачи особенно усложняются при большом количестве потоков, сходящихся в узле, поэтому на практике законы Кирхгофа для электрических и магнитных цепей применяют к небольшому числу таких потоков. В случае суперпозиции электрических токов, направления которых соответствуют силовой характеристике электрических полей – напряженности электрического поля,



неопределенностей в задачах суперпозиции электрических токов не возникает, то есть цепи RC- типа рассчитываются и проектируются с допустимой на практике погрешностью. В случаях суперпозиции магнитных потоков в задачах с использованием цепей LC и LR – типов такой однозначности в решении задач суперпозиции получить невозможно, так как вектора $\vec{B}$, $\vec{H}$ и $\vec{A}$ в сущности таковыми и не являются, они даже и не направлены по силам взаимодействия электрических токов [1]. Вследствие этого положения и на основании основного принципа магнитодинамики [1], что: $\vec{T} = -gradH(x, y, z)$ (II-1) напряженность $H(x, y, z)$ магнитного поля в действительности является величиной скалярной, а её силовые линии - это эквипотенциальные линии, которые в трёхмерном пространстве образуют сложные эквипотенциальные поверхности в полях магнитного натяжения. Данное обстоятельство вскрывает истинные причины неопределенностей в решениях задач электродинамики, связанных с суперпозицией магнитных потоков. Действительно, как мы видели выше по пп I-1, I-2, I-3 и I-4 суперпозиция магнитных потоков с позиций классической электродинамики не является самоочевидной, магнитодинамика [1] непосредственно позволяет получить вывод:

так как: $N_T = \int_0^L dL \int_0^{2\pi} \mu_0 \frac{I}{2\pi r} r d\alpha = \mu_0 IL$ (II-2), то $\sum_{i=1}^n N_{T_i} = \sum_{i=1}^n \mu_0 I_i L = \mu_0 L \sum_{i=1}^n I_i$ (II-3),

что подтверждается рядом технических решений на уровне изобретений.

II-1. Устройство для ввода звуковой информации по патенту № 1751802 РФ [5].

Устройство предназначено для ввода в ЭВМ и АСУ с использованием звуковой информации голосом оператора, поэтому может применяться в системах распознавания речи, в том числе в обучающе - контролирующих системах.

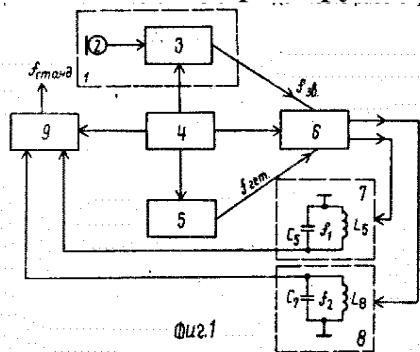


Рис. II-1-1 (фиг.1 по [2])

На рис. II-1 приведена блок-схема устройства, а на рис. II-2 принципиальная схема первого смесителя с двумя выходами.

Устройство содержит формирователь 1 сигналов звуковой частоты, состоящий из микрофона 2 и усилителя 3 низкой частоты, блок 4

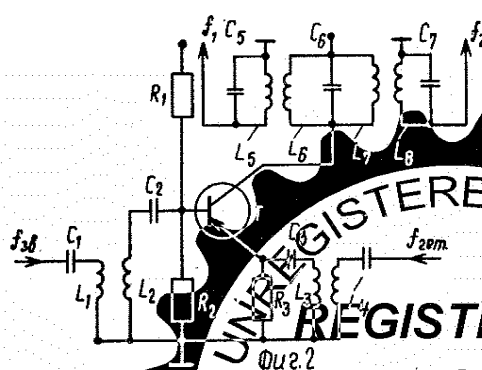


Рис. II-1-2 (фиг.2 по [2])

питания, генератор 5 низкой частоты, первый смеситель 6, фильтры 7 и 8 суммарной и разностной частот, второй смеситель 9 с выходом суммарной частоты.

Смеситель 6 выполнен по резонансной схеме на транзисторе Т с двумя выходами в виде контуров, настроенных на суммарную и разностную частоты. Смеситель 9 является типовым преобразователем напряжений двух различных частот, выполнен по резонансной схеме на транзисторе с одним выходом суммарной частоты входных сигналов. После включения электропитания от блока 4 голосом любого диктора – оператора в микрофон 2 произносятся команды АСУ или учебно-контрольная информация, которые через усилитель 3 поступают на один из входов смесителя 6, на второй вход которого одновременно подаётся сигнал низкой стандартной частоты генератора 5. В результате выделения на выходных контурах фильтров 7 и 8 образуются две промежуточные частоты – суммарная и разностная частоты входных сигналов: голоса оператора в микрофон 2 и сигнала генератора 5.

Обе промежуточные частоты подаются непосредственно на входы смесителя 9, выходной контур которого настроен на суммарную частоту входных сигналов. Вследствие данного обстоятельства на выходе смесителя 9 образуется сигнал одной частоты, равной удвоенной стандартной частоте генератора 5, поэтому на выходе устройства создаётся сигнал постоянной частоты, которая не зависит от смены дикторов-операторов или от изменения интонации голоса любого оператора, что и обеспечивает надёжность работы устройства.

II -2. Синтезатор речи по патенту № 1839268 РФ [6].

Синтезатор речи предназначен для образования членораздельной речи на заданном языке, поэтому он может быть использован для общения с окружающими людьми в случае нарушения речи, при дефектах речи, в лингвистическом и в музыкальном воспитании детей и т.п. ситуациях. Синтезатор содержит каркас 1 в виде равнобедренной треугольной призмы на основании 2 с боковыми кронштейнами 3. По боковым параллельным ребрам призмы каркаса 1 выполнены на осях ряды опорных роликов 4 с бортами 5 лентопротяжного механизма, размещенных по осям 6 с возможностью вращения независимо друг от друга. Между рядами роликов 4 размещены с возможностью вращения магнитные носители записи в виде соосно расположенных колец 7, на внутренних поверхностях которых нанесены магнитные дорожки.



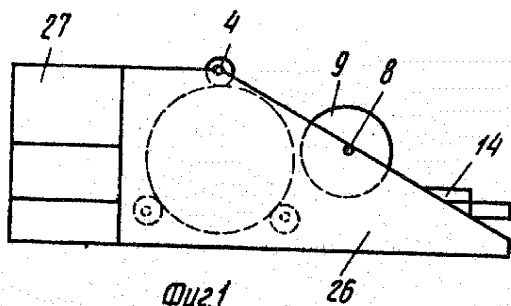


Рис.П-2-1 (фиг.1 по [3])

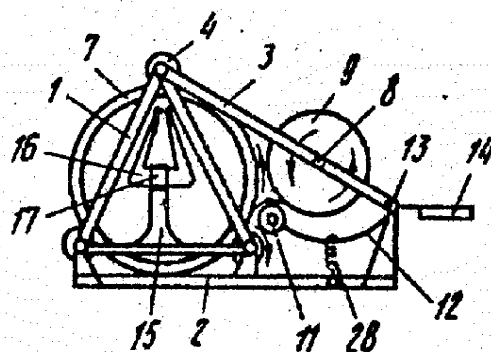


Рис.П-2-2 (фиг.2 по [3])

На рис.П-2-1 и рис.П-2-2 показаны вид сбоку синтезатора в сборе и кинематическая схема вращения носителей записи. В сборе система 7 образует цилиндрическую поверхность между роликами 4 на трёх осях 6 по ребрам призмы каркаса 1. Параллельно оси колец 7 на оси 8 с помощью боковых кронштейнов 3 размещен ведущий вал 9 с электроприводом 10., укрепленным на кронштейне 3.

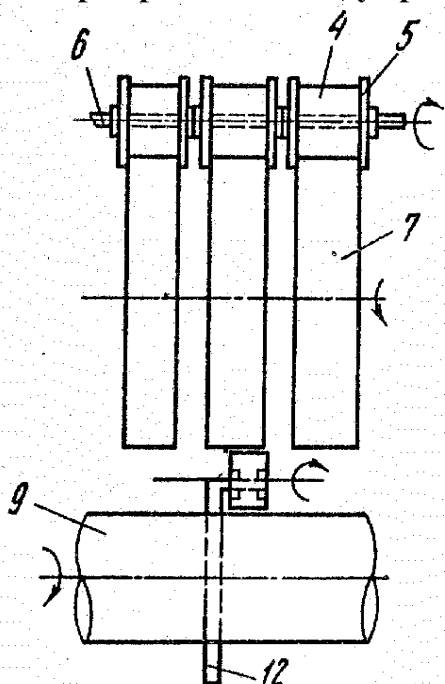


Рис.П-2-3 (фиг.6 по [3])

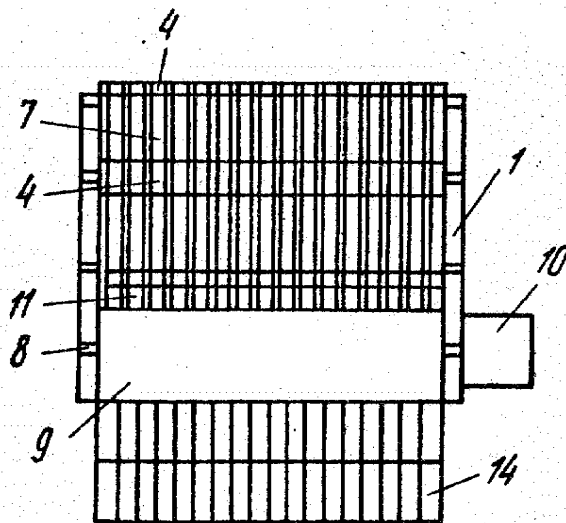


Рис.П-2-4 (фиг.5 по [3])

На рис.П-2-3 и рис.П-2-4 показаны схема механизма передачи вращения от ведущего вала к носителям записи и вид сверху синтезатора речи. Между поверхностями колец 7 и вала 9 выполнен зазор, препятствующий их фрикционному сцеплению. Под зазором между кольцами 7 и валом 9 размещены фрикционные ролики 11 на концах рычагов 12 с общей осью 13, укрепленной между кронштейнами 3 параллельно оси вала 9. На противоположном конце каждого рычага 12 выполнена клавиша 14 с надписью соответствующего основного звука устной речи. Все ролики 11 образуют ряд роликов по числу колец 7. Размещение клавиш 14 возможно в несколько рядов, что осуществляется различными длинами

соответствующих рычагов. Диаметр ролика 11 выполнен не менее ширины зазора между кольцами 7 и валом 9, ширина ролика 11 равна ширине кольца 7. Внутри ряда колец 7 на опорах 15 размещена общая магнитная головка 16 записи и воспроизведения звука в виде тетраэдра, на одном ребре-стержне магнитопровода размещена обмотка 17, а вдоль противоположного

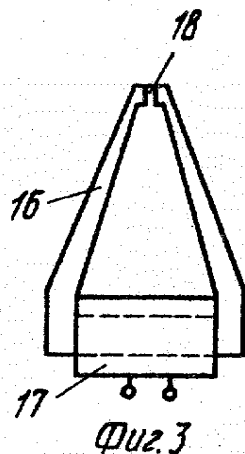


Рис.П-2-5 (фиг.3 по [3])

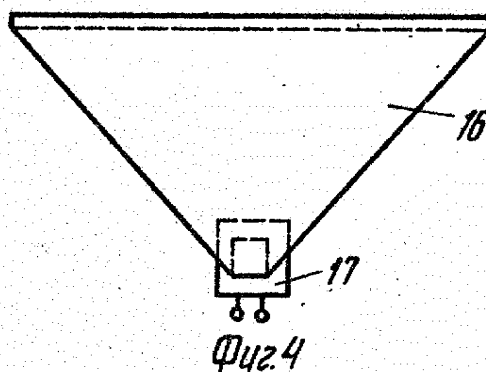


Рис.П-2-6 (фиг.4 по [3])

На рис.П-2-5 и рис.П-2-6 показаны виды сбоку и сверху магнитной головки. перпендикулярного обмотке ребра выполнена щель 18, заполненная диэлектрическим материалом. Щель 18 магнитной головки 16 размещена с зазором по одному из ребер против соответствующих дорожек записи внутри колец 7.

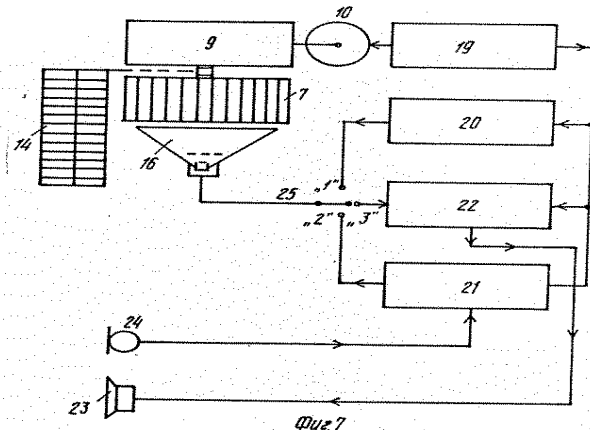


Рис.П-2-7 (фиг.7 по [3])

На рис.П-2-7 приведена блок-схема синтезатора речи. В схему синтезатора входят известные и применяемые по своему прямому назначению блок 19 электропитания, который соединен с электроприводом 10, генератором 20 сигналов, усилителем 21 записи и усилителем 22 воспроизведения низких частот. Усилитель 22 соединен с громкоговорителем 23, а усилитель 21 записи имеет связь с микрофоном 24. Выводы обмотки 17 головки 16 соединены с переключателем 25 рода работ, который имеет различные положения, соединенные соответственно с генератором 20 сигналов, усилителем 21

записи и усилителем 22 воспроизведения. Схема на монтаже закрыта щитками 26 и крышками 27. Со стороны ролика 11 каждый рычаг 12 имеет пружину 28 возврата, соединенную с основанием каркаса 1.

Для работы синтезатора необходимо произвести его подготовку, которая заключается в стирании прежних записей на кольцах 7 и новой записи на их дорожках заданным голосом основных звуков устной речи.

Стирание прежних записей осуществляется следующим образом.

После включения электропитания электропривода 10 вал 9 вращается, на обмотку 17 магнитной головки 16 с помощью переключателя 25 рода работ подключается генератор 20 сигналов. Нажимая поочередно все клавиши 14, приводят в движение относительно щели 18 магнитной головки 16 поочередно все кольца 7, в результате чего поле заданной частоты от генератора 20 сигналов размагничивает магнитные дорожки записи на всех кольцах.

Запись основных звуков устной речи осуществляется аналогично при включении переключателем 25 рода работ микрофона 24 и усилителя 21 записи. Нажимая клавиши 14 с соответствующими надписями, произносят основной звук устной речи в микрофон 24 в течение времени одного оборота соответствующего кольца 7.

Синтез речи с помощью синтезатора заключается в воспроизведении в заданной последовательности и заданной длительности основных звуков устной речи на данном языке, что осуществляется нажатием соответствующей клавиши 14 в заданной последовательности. При этом переключатель 25 рода работ включает усилитель 22 воспроизведения с громкоговорителем 23. При нажатии клавиши 14 фрикционная передача от ведущего вала 9 через ролик 11 к кольцу 7 приводит к смещению его магнитной дорожки записи относительно щели 18 головки 16, вызывая в обмотке 17 соответствующую Э.Д.С., которая через усилитель 22 воспроизведения подводится к громкоговорителю 23, издающему соответствующий звук, длительность которого равна длительности нажатия клавиши 14. При опускании клавиши 14 кольцо 7 останавливается практически немедленно, что и прекращает звучание соответствующего звука. Частота и скорость речи на синтезаторе по описанному достигаются путём имитаций и приобретения соответствующей квалификации.

На синтезаторе по описанному возможен и синтез музыки, если вместо звуков устной речи на носителях колец 7 осуществить магнитную запись основных музыкальных звуков соответствующих музыкальных инструментов.

I I-3. Сепарационный фильтр радиочастот
по заявке Роспатента № 93034 977 Роспатента [7]

Фильтр предназначен для разделения импульсов сигналов по



раздельным выходам в соответствии с их очередностью и частотой, поэтому может быть использован в АСУ, для распознавания команд управления и информации обратной связи.

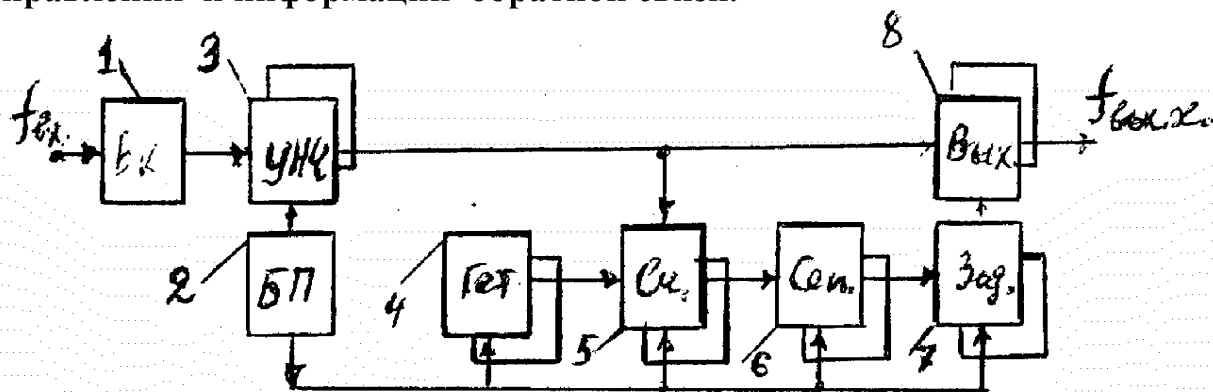


Рис.П-3-1 (фиг.1 по [4])

На рис.П-3-1 показана функциональная блок-схема фильтра. Фильтр состоит из входной цепи 1 блока питания 2 и нескольких трактов фильтра по числу разделенных сигналов или команд. Каждый тракт фильтра содержит УНЧ 3, гетеродин 4, смеситель 5, сепарационное устройство 6, блок задержки 7 и включатель 8 проходного сигнала. Входная цепь 1, блок питания 2, УНЧ 3, гетеродин 4 и смеситель 5 в трактах фильтра применяются типовые по своим прямым назначениям. Сепарационное устройство 6 является усилителем низкой частоты с диодом на входе и разрядником на выходе, а блок задержки представляет собой релаксатор RC – типа. Количество трактов может быть произвольным.

При включении блока электропитания на входе цепи 1 появляется серия сигналов различных частот и скважности, которые походят на УНЧ 3, с выхода которого все сигналы по всем трактам проходят включателя 8 проходного сигнала и на вход смесителя 5, куда одновременно проходит и сигнал заданной частоты от гетеродина 4.

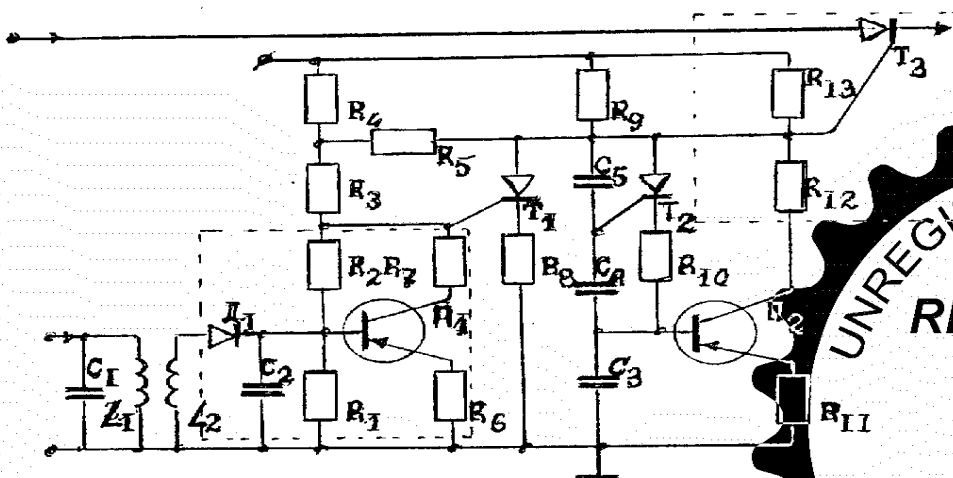


Рис.П-3-2 (фиг.2 по [4])



На рис.П-3-2 приведена принципиальная электросхема одного тракта преобразования сигнала.

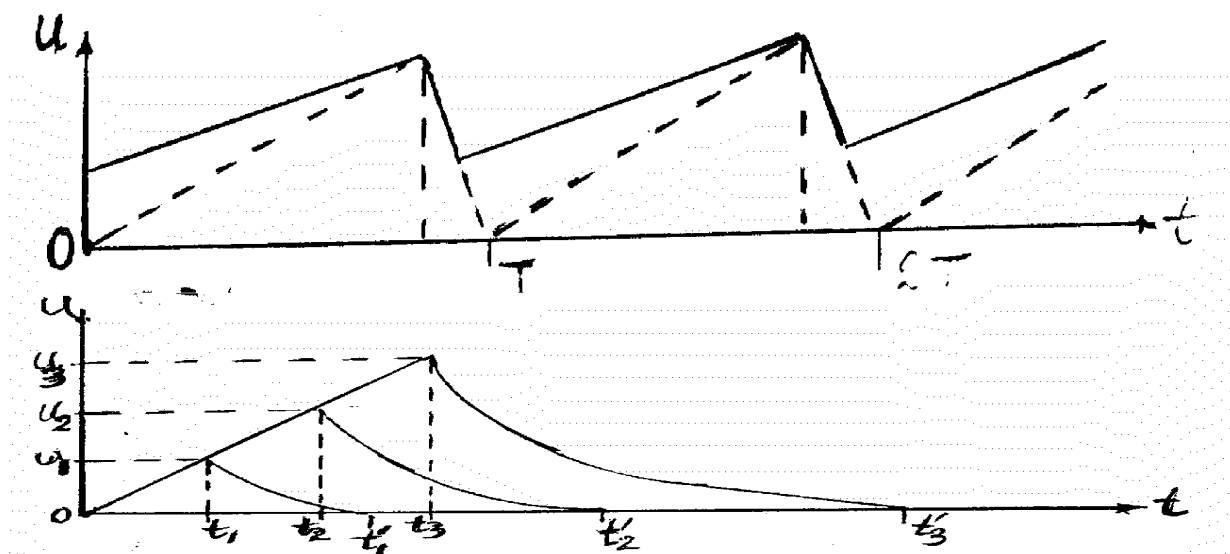


Рис.П-3-3 (фиг.3 и фиг.4 по [4])

На рис.П-3-3 показаны диаграмма напряжений RC – генератора в блоке задержки фильтра и диаграммы напряжений на входе блока задержки.

В результате на выходе каждого смесителя тракта образуется промежуточная частота в соответствии с заданной частотой тракта и частотой сигнала команды. При совпадении этих частот промежуточная частота отсутствует, то есть при открытии сепарационного устройства сигнал проходит на выход в соответствии с его очередностью, которая определяет момент включения релаксатора, напряжение на выходе которого и определяет прохождение сигнала по данному тракту. Автор имеет решение Роспатента о выдаче патента на изобретение Сепарационный фильтр радиочастот по заявке № 93034 977.

Заключение

Продуктивность изложенного выше магнитодинамического взгляда по существу означает, что аксиома $\text{div } \vec{B} = 0$ (I-4) в основаниях классической электродинамики является неадекватной. Другими словами, классическая электродинамика обоснована не на четырех известных аксиомах – уравнениях Дж. Максвелла, а всего лишь на трех, если пока не обсуждать аксиому по (I-2) $\text{rot } \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$ 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.). Иллюстрациями изложенному являются самоочевидные выводы

магнитодинамики [1] об электромагнитной индукции при изменении магнитного натяжения вблизи проводника с изменением тока во времени: $\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$ (I-10), то есть возможности осуществления электромагнитных (см. патенты РФ № 2041779, № 2026768 и др.) электромеханических (см. патенты РФ № 1424998, № 1574906 и др.) или электрохимических (см. патенты РФ № 2147555, № 2197550 и др.) и других эффектов.

Среди многочисленных практических следствий магнитодинамики из выражения (I-19) самоочевидным является вывод об отсутствии ЭДС при относительном вращении двух коаксиальных цилиндрических обмоток, если сохраняется условие, чтобы $r = \text{Const}$. Другими словами, известное из электротехники условие трансформации, что: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ (I-20) является одинаково справедливым

для неподвижных и для вращающихся относительно друг друга коаксиальных цилиндрических обмоток. Данный вывод и положен в основу нового способа осуществления индуктивного токосъема для транспортных систем [2]. Из выражения (I-10) $\frac{dT}{dt} = \frac{1}{2\pi r} \frac{dI}{dt} + \frac{I}{2\pi r^2} \frac{dr}{dt}$

непосредственно также следует и не самоочевидный в традиционной электротехнике вывод о новых функциональных возможностях зигзагообразных обмоток, когда вторичный провод находится между коленами первичного провода, когда общая Э.Д.С. в таком случае может быть выражена уравнением: $E_{об} = E_1 - E_2$ (I-21) [3]. Также, используя в качестве силовой характеристики

магнитного поля величину магнитного натяжения по (I-9): $T = \frac{I}{2\pi r}$,

можно лаконично выразить величину плотности энергии магнитного поля: $\omega = \mu_0 \mu T^2$ (I-27), которая сразу позволяет выразить величину магнитодинамического взаимодействия как производную от энергии по

расстоянию: $f = \frac{dW}{dr} = \frac{d(\omega V)}{dr} = \frac{C}{r^2}$ (I-28), (где $C = \text{Const}$ включает в себя все постоянные величины), которое открывает многочисленные возможности технических решений на основе магнитодинамики [4].

Кроме того, как мы видели выше, суперпозиция магнитных потоков с позиций магнитодинамика [1] непосредственно позволяет получить вывод $\sum_{i=1}^n N_{T_i} = \sum_{i=1}^n \mu_0 I_i L = \mu_0 L \sum_{i=1}^n I_i$ (II-3), что открывает новые возможности решения радиотехнических задач.



Литература:

1. Вертинский П.А. К вопросу о полноте аксиоматики физических теорий // Вестник ИРО АН ВШ РФ № 1(4) , БГУЭП, Иркутск , 2004,стр.126 – 149.
2. Вертинский П.А. Применение индуктивного токосъема для решения технических задач транспортных систем // ж. «Механизация строительства» № 9/2005, с.16.
3. Вертинский П.А. Использование зигзагообразных обмоток для согласования и симметрирования электрических и механических нагрузок // Сб. м. IX «Сибресурс-2006», БГУЭП, Иркутск, 2006.
4. Вертинский П.А. Функциональные возможности спирально-конических обмоток в решении технических задач электропривода // Сб. м. VIII «Сибресурс-2005», БГУЭП, Иркутск, 2005,с.178.
5. Вертинский П.А. Устройство для ввода звуковой информации // Патент № 1751802 РФ, БИ № 28,1992.
6. Вертинский П.А. Синтезатор речи // Патент № 1839268 РФ, БИ № 47-48, 1989.
7. Вертинский П.А. I. Магнитодинамика, г.Усолье-Сибирское,1993,222 с.



08. ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МАГНИТОДИНАМИКИ

I. Поле магнитного натяжения.

С первых опытов Х.Эрстеда и А.Ампера /1819 – 1820 гг./, положенных в основу электродинамики Дж.Максвеллом /1/, возник так называемый «электромагнитный парадокс», заключающийся в несоответствии направления электромагнитного взаимодействия электрических токов третьему закону динамики И.Ньютона. Многочисленные попытки объяснить или снять этот "парадокс" за всю историю электродинамики лишь запутывали сущность вопроса и приводили к новым противоречиям в ней /2/. 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: $\vec{T} = -gradH(x, y, z)$ (1) Другими словами, естественно положить в основу определения силовой характеристики магнитного поля величину и направление магнитной

силы между токами согласно закону Ампера: $f = \mu_o \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \Delta l$ (2) то

есть для поля вокруг тока I_1 имеем: $T_1 = \mu_o \frac{I_1 I_2}{2\pi r} \Delta l \frac{1}{I_2 \Delta l} = \mu_o \frac{I_1}{2\pi r}$ (3) и

для поля тока I_2 : $T_2 = \mu_o \frac{I_2}{2\pi r}$ (4). Так как численное значение этой

новой вектор-функции $\vec{T}$ оказывается согласно выражениям (3) и (4) равным значению, которое ранее нами присваивалось величине напряженности магнитного поля по закону Био-Савара-Лапласа /3/, /4/, то теперь магнитную напряженность придется считать в соответствии с определением (1) 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 $\Delta \vec{l}$, 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 $\Delta \vec{l}$ /5/, /6/. Раскроем

определение (1): $\vec{T} = -\left(\frac{dH}{dx}\vec{i} + \frac{dH}{dy}\vec{j} + \frac{dH}{dz}\vec{k}\right)$ (5) и для упрощения

вычислений направим ток I по прямому проводу вдоль оси Oz ,

тогда $\vec{T} = -\left(\frac{dH}{dx}\vec{i} + \frac{dH}{dy}\vec{j}\right)$ (6) Для статического поля этот вектор

функции (1) самоочевидно соотношение $H = Tr$ (7), которое полностью аналогично выражению для электростатического поля: $U = El$ (8). Симметричность геометрии магнитостатического и электростатического полей с этих позиций выявляется и в сравнении полей прямого провода с током по выражениям (3) и (4) с полем равномерно заряженной нити, величина которого может быть выражена аналогичной формулой: $E = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$ (9).

Ясно, что имея два провода с токами противоположного направления, получим геометрическую картину общего для них магнитного поля натяжением $\vec{T}$ как на рис. 1. Здесь отчетливо видно, что роль магнитного «монополя» [7],[8] в

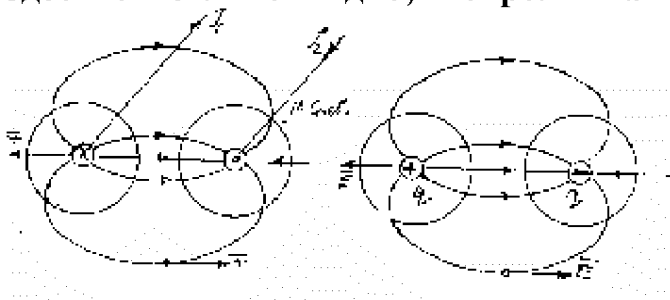


Рис.1

Рис.2

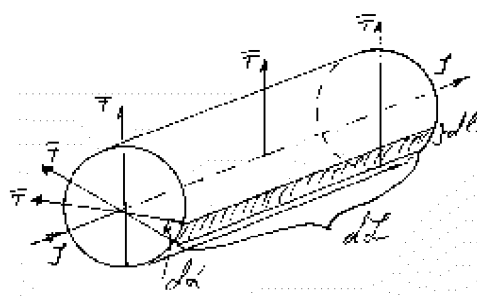


Рис.3

действительности выполняет электрический ток, создающий данное поле, а 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 H на линии ϕ .

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: $d\vec{N} = \vec{T} d\vec{S}$, (10) где $d\vec{S}$ - элемент поверхности около провода с током как на рис.3: Так как $d\vec{S} = dL dl$ (11) и $dl = r d\alpha$ (12), то вычисления дают:



$$N_T = \int_0^L dL \int_0^{2\pi} \nu_o \frac{I}{2\pi r} r d\alpha = \mu_o IL > 0 \quad (13)$$

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

При полной осевой симметрии магнитного натяжения $\bar{T}$ вокруг тока I по прямому проводу вдоль оси Z очевидно: $\frac{dT_x}{dy} = \frac{dT_y}{dx} \quad (14)$,

откуда сразу следует, что: $rot \bar{T} = 0 \quad (15)$. По аналогии с

определением: $div \bar{E} = \frac{dN_E}{dV} \quad (16)$ найдем и $div \bar{T} = \frac{dN_T}{dV} \quad (17)$,

где по (13): $N_T = \mu_o IL \quad (18)$. Рассмотрим случай стационарного тока

$$I = \text{Const} : \quad div \bar{T} = \frac{d}{dV}(\mu_o IL) = \mu_o I \frac{dL}{dV} = \mu_o \frac{dq}{dt} \frac{dL}{dV} = \mu_o \rho v_e \quad (19)$$

Так как $i = \rho v_e$, то (19) можно записать: $div \bar{T} = \mu_o i \quad (20)$

Сводя полученные результаты по (15) и (20) с известными уравнениями Максвелла для стационарного тока, получим систему:

$$div \bar{D} = \rho \quad \text{или} : \quad div \bar{E} = \frac{1}{\epsilon_o} \rho \quad (21)$$

$$div \bar{T} = \mu_o i \quad div \bar{T} = \mu_o i \quad (22)$$

$$rot \bar{E} = 0 \quad rot \bar{E} = 0 \quad (23)$$

$$rot \bar{T} = 0 \quad rot \bar{T} = 0 \quad (24)$$

В случае статики, когда заряды неподвижны, уравнение (24) вырождается в уравнение (23), а уравнение (22) вырождается в уравнение (21), сводя таким образом систему уравнений к двум известным уравнениям электростатического поля как частного случая поля электромагнитного, что полностью соответствует действительности.

3. Электромагнитные силы.

В силу наших определений (3) и (4) запишем: $\mu_o \frac{I}{2\pi r} = \frac{f}{\Delta L} \quad (25)$ откуда легко видеть, что нахождение сил взаимодействия токов сводится к их вычислению по заданным токам в проводниках в известных полях магнитного натяжения $\bar{T}$. Поэтому вопрос о взаимодействии проводников с токами сводится к нахождению их



полей магнитного натяжения $\vec{T} : \vec{f} = \vec{T}(I\Delta l)$ (26)

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 $\vec{T}$:

$$f_{12} = T_{12} I_1 \Delta l_1 \cos \alpha \cos \beta \quad (27) \quad \text{и} \quad f_{21} = T_{21} I_2 \Delta l_2 \cos \beta \cos \alpha \quad (28)$$

Но так как для данного случая самоочевидными являются тождества: $I_1 \equiv I_2$ и $T_1 \equiv T_2$ (29),

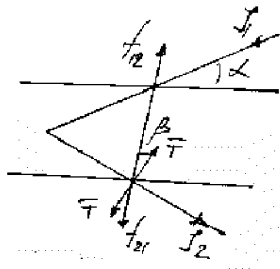


Рис.4

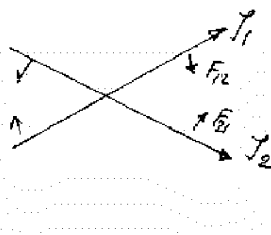


Рис.5

то из этого обстоятельства непосредственно следует вывод, что силы (27) и (28) друг друга взаимно компенсируют, так как $f_{12} = -f_{21}$ (30).

Поэтому в действительности на изогнутый провод с током действует лишь распрямляющая сила по (27) и (28), но нет никакой силы тяги для такой системы, что непосредственно снимает «электромагнитный парадокс» /3/. Аналогичные соображения относительно скрещенных проводов с токами /2/ приводят нас к выводу об их стремлении принять положение в одной плоскости, как это и происходит в действительности, что и показано на рис.5.

3 а) Поля магнитного натяжения $\vec{T}$

вокруг проводников различных форм с токами.

Выражения (27) и (28) электромагнитных сил убеждают нас в прямой зависимости направления этих сил от знака угла между направлением тока и радиуса - вектора из заданной точки поля магнитного натяжения $\vec{T}$. Поэтому здесь важно с определенностью условиться о принимаемых направлениях, то есть знаках углов, а следовательно, и магнитных натяжений данного поля $\vec{T}$ вокруг данного тока по проводнику заданной формы. Если положить отсчет по часовой стрелке (вправо) – положительным, а обратный – отрицательным, то тогда будем изображать силовые линии магнитного натяжения $\vec{T}$ исходящими /+ / или входящими /- / в данный проводник с током (элемент тока), как это показано на рис.6. Эта определенность выбора направления силовых линий



магнитного натяжения $\vec{T}$ сразу приводит нас к выводу, что замкнутые контуры с токами также являются «монополями» магнитного натяжения $\vec{T}$ как и прямые провода с токами заданных направлений, что отражено на рис.6 и рис.7.

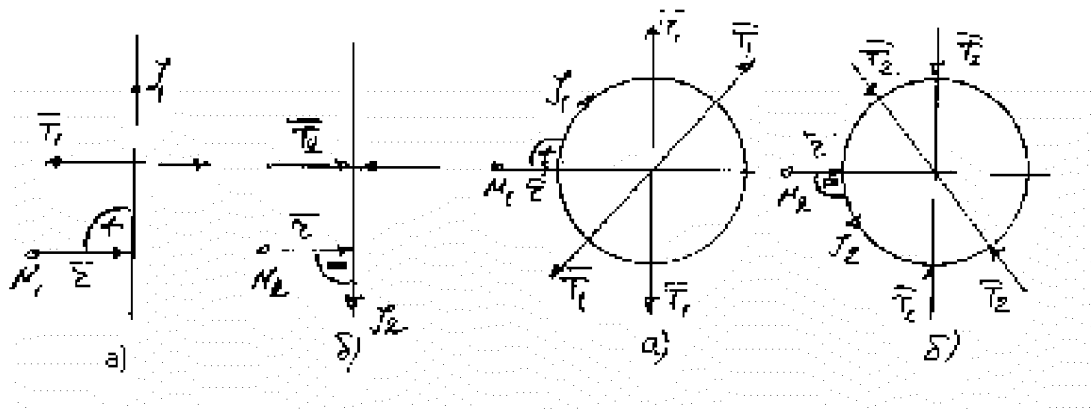


Рис.6

Рис.7

Отсюда же, наблюдая геометрические картины полей магнитных натяжений $\vec{T}$ замкнутых контуров, убеждаемся, что они различны в различных плоскостях: если в плоскости витка картина поля

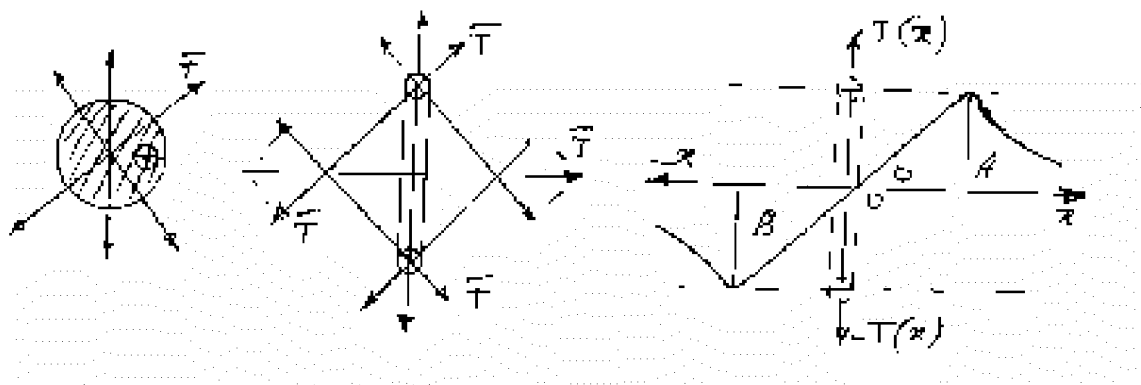


Рис.8

Рис.9

Рис.10

аналогична картине поля магнитного натяжения $\vec{T}$ в плоскости перпендикулярного сечения прямого провода реальной толщины (см. рис. 8), то в радиальной плоскости геометрическая картина этого же поля замкнутого контура (кольцевой формы) не образует центральной симметрии (см. рис.9), а приобретает симметрию осевую (см. рис.10). Действительно, если на основании нашего определения (3) и (4) представить элементарное натяжение как: $dT = \mu_0 \frac{I}{2\pi r^2} dr$ (31), то путем интегрирования по периметру кольца приходим к выводу, что на

оси кольца магнитное натяжение $\bar{T}$ может быть выражено:

$$T = \mu_0 \frac{IRx}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (32),$$

что графически и отражено на рис.10. Если теперь длинный соленоид представить как коаксиальный ряд большого числа таких колец-контуров с токами, то геометрическая картина поля $\bar{T}$ вне соленоида представится как на рис.11, из

которого ясно, что поле магнитного натяжения $\bar{T}$ длинного соленоида вне его аналогично полю прямого провода с током по оси этого соленоида. При этом на оси соленоида, исходя из графической зависимости на рис.10, значение $T = 0$, так как в любом месте на оси соленоида область А одних контуров – колец полностью компенсируется областью В других витков этого же соленоида. Таким образом,

графически поле магнитного натяжения длинного соленоида вне его представляется как на рис.12 и может быть выражено формулой:

$$T = \mu_0 \frac{I}{2\pi a} \quad (33), \quad \text{где}$$

$$a = d/2 + x \quad (34)$$

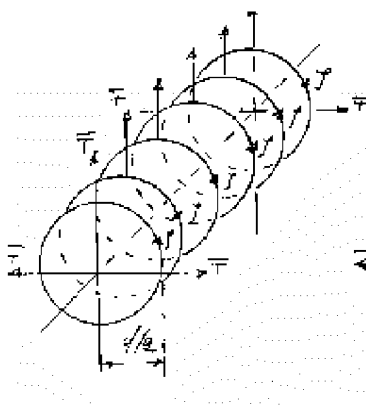


Рис.11

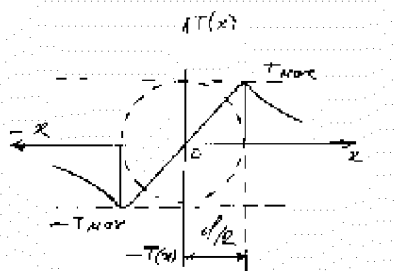


Рис.12

Аналогичные соображения Аналогичные соображения приводят нас к выводу о поле магнитного натяжения $\bar{T}$ тороидальной обмотки как поле кольцевого витка из провода реального сечения, геометрическая картина которого представляется как на рис.13 в радиальной плоскости и на рис.14 в экваториальной плоскости тора. При этом ясно, что и выражение величины магнитного натяжения T для тороидальной обмотки будет аналогично формуле (32), в которой надо принять во внимание, что R есть радиус средней линии тора, который также является «монополюс» магнитного натяжения при заданном направлении тока в обмотке.



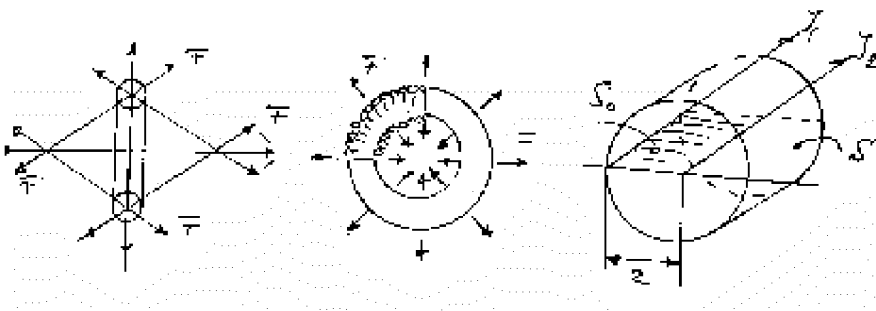


Рис.13

Рис.14

Рис.15

3 б) Взаимодействие соленоидов и торов между собой и с прямыми проводниками с токами вне соленоида.

Теперь можно непосредственно в соответствии с нашими выводами (26) и (33) для двух длинных соленоидов записать величину силы их взаимодействия:

$$f = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi a} L \quad (35), \text{ где } a - \text{расстояние между их осями, которое на}$$

рис.16 представляется: $a = 2R + x$, если $R_1 = R_2$ (36). В частном случае взаимодействия длинного соленоида с прямым проводом с током, протянутым параллельно оси соленоида, выражение (36) сводится к выражению: $a = R + x$ (37).

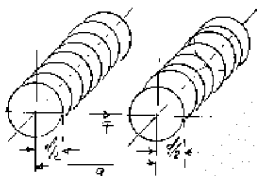


Рис.16

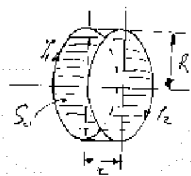


Рис.17

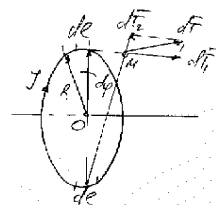


Рис.18

Разумеется, в силу справедливости наших выводов о геометрии поля магнитного натяжения $\bar{T}$ длинного соленоида, взаимодействие длинных соленоидов с некомпланарными осями можно проанализировать по аналогии с взаимодействием прямых проводов, если совместить эти провода с осями соответствующих соленоидов.

Учитывая наши выводы о потоке магнитного натяжения по (10) и (13) силы взаимодействия проводников с токами можно выразить через магнитное натяжение T . Действительно, так как $dN_T = \mu_0 I dL = \mu_0 I dS$ (38), то при $I_1 = I_2$ элементарная сила взаимодействия элементов токов будет: $df = \frac{1}{\mu_0} T^2 dS$ (39). Введем по рис.15 площадь магнитного натяжения T , полагая: $dS = 2\pi r dl = 2\pi dS_0$ (40). Тогда выражение (33) для длинных соленоидов преобразуется в $f_0 = 2\pi \frac{T^2 S_0}{\mu_0}$ (41).

Используя выражение силы взаимодействия элементов тока по (39)

можно получить для двух кольцевых токов на малых расстояниях, как на рис.17 силу взаимодействия: $f = \frac{4\pi^2}{\mu_o} T^2 R r$ (42), так как $S_o = 2\pi R r$

(43). Найдем магнитное натяжение T вблизи кольцевого тока как на рис. 18, из которого ясно, что реальные размеры кольца, когда $r \ll R$ позволит считать с большой точностью: $dT_2 \ll dT_1$. Это обстоятельство позволяет на основании (31) получить для точек поля магнитное натяжение T вблизи кольца: $T = \mu_o \frac{IR}{r^2}$ (44), которое

может быть нами использовано и для тороидальной обмотки с большой точностью, если сохраняется справедливое условие $r \ll R$. Принимая теперь во внимание наши выводы по (42) и (44) для тороидальных обмоток, можно записать силу их взаимодействия, если они располагаются в параллельных плоскостях своим экваториальными плоскостями так, что

r - расстояние между осями-средними линиями торov пренебрежимо мало по сравнению с R - радиусами тороидальных обмоток.:

$f = 4\pi^2 \mu_o I^2 \left(\frac{R}{r}\right)^3$ (45). Опуская промежуточные математические

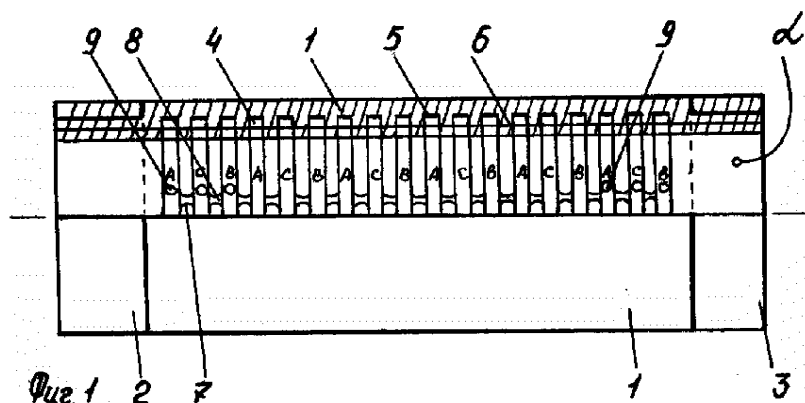
преобразования, здесь можно сразу привести некоторые выражения для наиболее важных на практике величин через нашу новую величину магнитного натяжения T [9], плотность энергии магнитного поля: $\varpi = \mu_o T^2$ (46), сила взаимодействия обмоток на стержнях

$f = \mu_o T^2 S$ (47), Э.Д.С. электромагнитной индукции $\mathcal{E} = \mu_o \frac{TS}{2\pi r} \left(\frac{\Delta r}{\Delta t}\right)$ (48).

4. Практические рекомендации на основе магнитодинамики.

В качестве практических следствий из этих и других теоретических выводов на основании магнитного натяжения вокруг электрических токов по вышеизложенному здесь можно отметить новый вывод для электротехники о неравнозначности взаимодействия магнитных полюсов по сторонам немагнитного зазора, если его разделить на несколько зазоров с общей шириной, равной прежней ширине. Тогда для замкнутых магнитных цепей имеем соотношение: $f_2 = n f_1$ (49) где n - соотношение чисел зазоров в соответствующих цепях. В качестве иллюстраций возможностей изложенных выводов для оптимизации электромеханических систем здесь кратко отметим из десятиков изобретений на их основе несколько наиболее практических технических решений. Известная низкая электропроводность электролитов и расплавов создает на практике значительные трудности для перекачивания агрессивных рабочих сред, так как непосредственное пропускание тока по ним связано с использованием

высоких напряжений и применением крупногабаритных электроизоляторов. С точки зрения нашего вывода (48) о величине Э.Д.С.



электромагнитной индукции такие задачи решаются практически вследствие высоких Э.Д.С. непосредственно в электролитах вблизи проводников.

Например, в магнитодинамическом

Рис.19 (Фиг.1 по источнику 11, стр.117). электролитном насосе /11/ с помощью симметричной трехфазной зигзагообразной обмотки (см. рис.19) создано бегущее магнитное поле, которое индуцирует в электропроводящей рабочей среде вблизи обмотки вторичный короткозамкнутый ток и увлекает его за собой, осуществляя таким образом перекачку электролита, которым могут быть различные растворы солей, кислот, щелочей или их расплавы.

Применение этого принципа с учетом сил электромагнитного взаимодействия токов (47) в металлических сплавах позволяет,

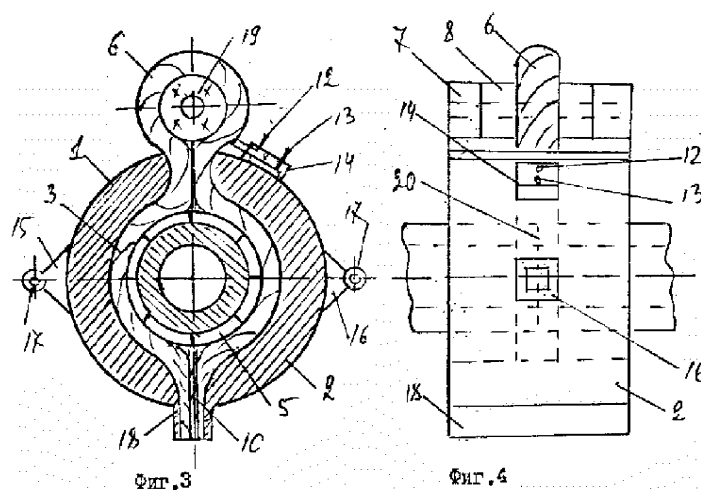


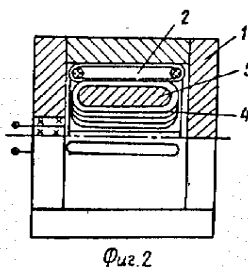
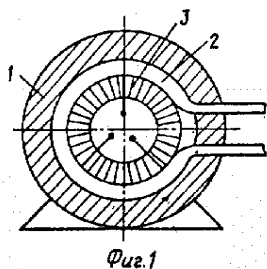
Рис. 20

патенту № 1574906 /13/, в котором осуществляется (см. рис. 21) непосредственное преобразование электроэнергии в механическую работу по перемещению рабочей среды в периодическом насосе.

Этот же принцип непосредственного преобразования электроэнергии в механическую работу положен в основу устройств по патентам РФ № 1424998, № 1498946, № 1657737 и др., сутью работы которых

например, осуществлять электросварку труб и стержней /12/, как это представлено на рис.20, реализовано в труболитейном устройстве по патенту № 2026768, осуществлять электрохимические безэлектродные реакции (патент РФ №2147555) и др. Как следствия этого выражения (47) вытекают выводы (48) и (49), которые реализованы в изобретении из

наглядно представлена на рис.22, где показаны диски с обмотками, системы которых подключены поочередно к двум источникам напряжений /14/.



Дальнейшее развитие этого принципа приводит к возможности создания спиральных обмоток, образованных одним проводом в косом пазу магнитной пластины, Рис.21

(Фиг.1 и фиг.2 по источнику 13) которая свернута в спираль /15/. Подобные устройства позволяют значительно улучшить массо-габаритные показатели привода, как это реализовано по патентам РФ № 2027319, 2028003 и др. Как известно, исторически первые электромашины возвратно-поступательного движения не нашли применения на практике вследствие крайне низких к.п.д. из-за потерь рассеивания в своих разомкнутых магнитных цепях. Вместе с тем, применение наших выводов (46), (47), (48), позволяет создать СПТГ с неподвижным соединением криостата с рефрижератором /16/, что нашло применение в изобретениях по патентам № 1570617 РФ, № 1823092 РФ и др.

Ограничившись приведенными примерами и обобщая изложенное, мне представляется вполне обоснованным вывод, сформулированный в заглавии данной статьи.

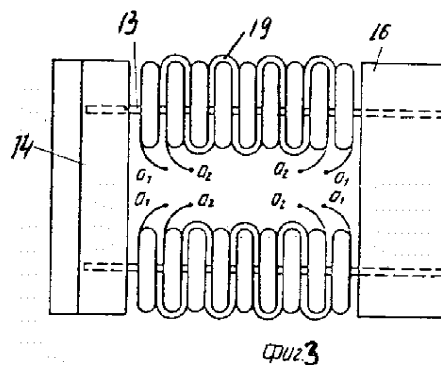


Рис.22 (Фиг.3 по источнику 14)

Список литературы:

- 1.Вонсовский С.Б. Магнетизм, М.,»Наука»,1971 г.,стр.17,41 и др.
- 2.Николаев Г.В. Непротиворечивая электродинамика г. Томск, ТПУ, 1997 г.
- 3.Тамм И. Е. Основы теории электричества, М., ГОНТИ, 1956 г, стр. 267.
- 4.Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. М.,»Мир», 1972 г. , вып.5, стр.287, вып.6, стр.22,92 и др.
- 5.Вертинский П.А. Физическое содержание характеристик и геометрия магнитного поля // Тезисы Всесоюзной конференции АН и ГКНТ СССР 21. 04. 85, ВИНТИ, М., 1985 г.
- 6.Вертинский П.А. Фундаментальная роль аксиоматического метода в электродинамике. // Тезисы международной конференции «OSOS-2001», Алматы, 2001 г.
- 7.Вертинский П.А. К вопросу о перспективах развития электродинамики // Сб. материалов IV региональной конференции «Сибресурс-2001», Иркутск, 2001 г.
- 8.Вертинский П.А. К вопросу диагностики физических теорий // Сб. научных трудов ИрГСХА, Иркутск, 1999 г.
- 9.Вертинский П.А. К магнитодинамике электризации вращающихся магнитов // «Электротехника» № 4, 1998 г.
- 10.Вертинский П.А. I. Магнитодинамика г.Усолье-Сибирское, 1993 г.
- 11.Вертинский П.А. Введение в магнитодинамику. Иркутск, ИрГТУ, 1997г.
- 12.Вертинский П.А. Магнито-динамическое сварочное устройство // Патент РФ № 2041739.
- 13.Вертинский П.А. Магнито-динамический перистальтический насос // Патент РФ № 1574906, 1987
- 14.Вертинский П.А. Ножницы для разделения материала // Патент РФ № 1424993, 1985 г.
- 15.Вертинский П.А. Магнито-динамическое акустическое устройство // Патент РФ № 2027319, 1992 г.
- 16.Вертинский П.А. Электрический генератор // Патент РФ № 1570617, 1987 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После ознакомления с настоящим сборником внимательный читатель непременно отметит актуальность проблематики, которой посвящены все статьи. По существу этой проблематики здесь необходимо подчеркнуть объективно исторические особенности, присущие данной актуальности.

Во-первых, современная техника уже требует непосредственного применения выводов магнитодинамики к решению технических задач из различных производственных сфер. Приведенные в статьях сборника решения автора из областей насосостроения, транспортных двигателей, электромашиностроения и электропривода представляют собой лишь отдельные конструктивные решения, поэтому не может удовлетворить все многообразные промышленные потребности. А изобретения автора в труболитейном производстве, сварочном деле, радиомеханике и др. лишь обозначают направления возможного применения выводов магнитодинамики.

Во-вторых, самоочевидным следствием актуальности отмеченной проблематики является неотложная потребность в методиках проектирования и расчётов магнито - динамических технических решений, то есть потребность в специализированных методиках на прямом языке магнитодинамики с непосредственным использованием терминологии, физических величин и закономерностей магнитодинамики. Действительно, тот способ «перевода» магнитодинамических выводов на язык традиционной электротехники, каким автор вынужден пользоваться в изложении материала своих статей, является не только громоздким, но и содержит в себе опасность утрат выводов и заключений, которые были не самоочевидными в классической электродинамике. Создание магнитодинамических методик проектирования и расчётов подобно современной практике проектирования и расчётов в электромашиностроении позволит с помощью соответствующих справочных сведений в виде таблиц и графиков, алгоритмов программного обеспечения на ЭВМ оперативно проводить все проектно-конструкторские работы.

В третьих, практическое продвижение по мере исполнения первых двух весьма объёмистых задач применения магнитодинамических выводов с необходимостью вызовет потребность пересмотра с позиций магнитодинамики всех оснований классической и релятивистской электродинамики, своеобразной идеентификации всех тех неразрешенных проблем, парадоксов и противоречий, которые остались нам в наследство со времен Максвелла и других её основоположников.





Сведения об авторе
Ф. И. О. Вертинский Павел Алексеевич
Год рождения 1935
Образование высшее, Бурятский госпединститут им. Д. Банзарова
Специальность учитель физики
Ученая степень не имею **Место работы** Иркутская ТЭЦ-11
Должность инженер (пенсионер с 26. 03. 2001 г.)
Домашний адрес: 665463, г. Усолье-Сибирское, ул. Куйбышева 10-1
Научные публикации:

Приложение № 1

1.Вертинский П. А.Физическое содержание характеристик и геометрия магнитного поля

//Тезисы Всесоюзной конф.АН и ГКНТ СССР 21.04.85,ВИНИТИ,Москва, 1985.

- 2.Вертинский П.А. I. Магнитодинамика, г. Усолье-Сибирское,1993 ,222 с.
- 3.Вертинский П.А. II. Электрогидравлика, г. Усолье-Сибирское, 1996, 144 с.
- 4.Вертинский П.А. Введение в магнитодинамику, ИрГТУ,Иркутск, 1997,142 с.
- 5.Вертинский П. А. К магнитодинамике электризации вращающегося магнита // ж.«Электротехника» N4 / 1998
- 6.Вертинский П. А. К вопросу диагностики физических теорий //Сб. н. тр. ИрГСХА, Иркутск,1999,с.193.
- 7.Вертинский П. А.Фундаментальная роль аксиоматического метода в электродинамике //«OSOS» ,Алматы, 2001
- 8.Вертинский П.А. К вопросу о перспективах развития электродинамики // Сб. м.IV «Сибресурс»,Иркутск,2001
- 9.Вертинский П.А. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики //«V Сибресурс»,Иркутск 2002
- 10.Вертинский П.А. Эффект. ЭГЭ-систем с исп. Кумулянт. ЭГЭ- эффекта // Сб. «Сибресурс-2002», Иркутск, 2002.
- 11.Вертинский П.А. Микромини. электропривода на основе электромех. эффекта в ЖКВ//Сб. V«Сибресурс», Иркутск, 2002.
- 12.Вертинский П.А. ЭГЭ-труб. с отриц. гидр. сопротивл.-тех. основа решений природоохр. задач//Сб.VI«Сибресурс»,Иркутск, 2003.
- 13.Вертинский П.А. Перспективы технических решений экологических проблем энергетики//м.VI «Сибресурс», Иркутск,2003
- 14.Вертинский П.А. Эколог. Безопасн. технологий в электрометаллургии алюминия//Сб.VI «Сибресурс» Иркутск, 2003.
- 15.Вертинский П.А. Обоснование и расчет работы и устр. магнитодинам. электролитного насоса // ж. «МС» № 11/2006.
- 16.Вертинский П.А. Спирально-конических обм. в решении задач электропривода // Сб. м.VIII «Сибресурс»,Иркутск, 2005.
- 17.Вертинский П.А. Применение индуктивного токосъема для технических задач транспортных систем // ж.«МС»№ 9/2005
- 18.Вертинский П.А. Матем. мод. финитности и сингулярности в размерности пространства// Сб. V МНС Красноярск, 2002.
- 19.Вертинский П.А. Математический критерий моделирования аксиоматики физических теорий // м.VII , Красноярск ,2004.
- 20.Вертинский П.А. Гидравлическая буровая головка // ж. «МС» № 6 / 2003,с.24.
- 21.Вертинский П.А. Экологические проблемы энергетики и перспективы их решений // ж.. «МС» № 3 / 2004.
- 22.Вертинский П. А. Электрогидравлический смеситель // ж. «МС» №6/2004,с.21.
- 23.Вертинский П. А. Активное колесо транспортного средства//ж.«МС»№9 /2004,с.22.
- 24.Вертинский П.А. Самоходное устройство для перемещения внутри трубопровода // ж. «МС» № 12 / 2004.
- 25.Вертинский П.А. К вопросу о полноте аксиоматики физических теорий // Вестник ИРО АН ВШ РФ№ 1(4) , Иркутск , 2004.
- 26.Вертинский П.А К магнитодинамике стационарного геомагнетизма // Сб. м.VIII МНС-2005 ,КГУ, Красноярск,2005
27. Vertinskii P. A. On magnetodynamics of stationary geomagnetism\ XII Joint International Symposium "Atmospheric and Ocean Optics. Atmospheric Physics". – Tomsk^ Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 2005.
- 28.Вертинский П.А. Геомаг. мех. эколог. последствий ракетно-космич. деятельности // Вестник ИРО АН ВШ РФ № 3 (10)/ 2006.
- 29.Вертинский П.А. Зигзагообразн. Обм. для соглас. и симметр. нагрузок // Сб. IX «Сибресурс», Иркутск, 2006
- 30..Вертинский П.А. Практические диапазоны возможностей электрогидравлического эффекта//.IX Сибресурс,Иркутск, 2006.
31. Вертинский П.А. Естественные модели содержания категорий топологии // Сб. м. IX МНС-2006, Красноярск, 2006.
- 32..Вертинский П.А. К магнитодинамике суперпозиции полей в радиотехнических задачах // .X «Сибресурс, Иркутск, 2007
33. Вертинский П.А. Природа геомагнетизма с позиций магнитодинамики//
<http://www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia/publications/vert1.doc>
<http://ecoportal.ru/public.php?id=1803>
http://www.za-nauku.pochta.ru/docs/vertinski_kosmos.htm
- 34.Вертинский П.А. Нравственные перспективы экологических проблем//
<http://www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia/publications/vert2.doc>
http://www.za-nauku.ru//index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=36
http://www.za-nauku.ru/new/index.php?option=com_content&task=view&id=49&Itemid=36
35. Вертинский П.А. Естественные модели размеров и размерностей в категориях топологии// X МНС- 2007, Красноярск, 2007
- 36.Вертинский П.А. Объективно-исторические модели эволюции мировоззрения // Вестник ИРО АН ВШ РФ № 1 (13)/ 2008.
- 37.Вертинский П. А. Исп. кумулянт. эф. суперпозиции уд. волн электрораз. в протехнол.//Сб.«Сибресурс-2008», Иркутск, 2008.
- 38.«Из альбома Вертинского П.А.»//ж.«Изобретатель и рационализатор»№2/96, с.12.
- 39.Вертинский П.А. Устройство для выплавки алюминия// Патент РФ №2197550, БИ № 3/2003.
- 40.Вертинский П.А. Магнитодинамический аппарат производства гидроксида натрия // Патент РФ № 2147555, БИ № 11/2009.
- 41.Вертинский П.А. Дождевальная установка // Патент РФ № 2063122, БИ № 19/96.
- 42.Вертинский П.А. Магнито-динамическое сварочное устройство //Патент РФ №2041779, БИ № 23/95.
- 43.Вертинский П.А. Сопло реактивного двигателя // Патент РФ № 2041376 , БИ № 22/95.
- 44.Вертинский П.А. Магнито-динамическое акустическое устройство//Патент РФ №2025789, БИ № 9/05.
- 45.Вертинский П.А. Магнито-динамический измерительный механизм // Патент РФ № 2028003, БИ № 3 / 95.
- 46.Вертинский П.А. Установка для литья металлических труб//Патент РФ № 2026768, БИ № 2/95.
- 47.Вертинский П.А. Электрофильтр дымовых газов // Патент РФ № 2026752, БИ № 2/95.
- 48.Вертинский П.А. Способ контроля качества сварных соединений труб //Патент РФ № 2014591, БИ № 11 / 94.
- 49.Вертинский П.А. Синтезатор речи // Патент РФ № 1839263,БИ № 47-48/93.
- 50.Вертинский П.А. Электрогидравлический насос // Патент РФ № 1830430, БИ № 28/93.
- 51.Вертинский П.А. Устройство для ввода звуковой информации// Патент РФ №1751002, БИ № 28/92.
- 52.Вертинский П.А. Установка для очистки сточных вод // Патент РФ № 1627518, БИ № 6/91.
- 53.Вертинский П.А. Шаговый электростатический двигатель // Патент РФ №1589987, БИ № 2/ 95.
- 54.Вертинский П.А. Магнито-динамический перистальтический насос//Патент РФ №1574906, БИ № 24/90.
- 55.Вертинский П.А. Ножницы для разделения материала // Патент РФ № 1424998, БИ № 35/88 и др. всего 123 изобретений.



СОДЕРЖАНИЕ:

№№	стр.
ОТ АВТОРА	02
01. Магнитодинамический силовой привод	03
Опубликовано по п. Приложения №1	
02. Использование зигзагообразных обмоток для согласования и симметрирования электрических и механических нагрузок	13
Опубликовано по п. 29 Приложения №1	
03. Функциональные возможности спирально-конических обмоток в решении технических задач электропривода.	22
Опубликовано по п.16 Приложения №1	
04. Применение индуктивного токосъема для решения технических задач транспортных систем	34
Опубликовано по п. 17 Приложения №1	
05. Обоснование и расчет устройства и работы магнитодинамического электролитного насоса	46
Опубликовано по п.15 Приложения №1	
06. Возможные пути обеспечения экологической безопасности технологий в электрометаллургии алюминия	60
Опубликовано по п.14 Приложения №1	
07. К магнитодинамике суперпозиции полей в радиотехнических задачах.	68
Опубликовано по п. 32 Приложения №1	
08. Оптимизация электромеханических систем методами магнитодинамики	81
Опубликовано по п.9 Приложения №1	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
Приложения №1	92
СОДЕРЖАНИЕ:	93



НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Павел Алексеевич Вертинский

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОДИНАМИКИ
Реферативный сборник

Выпуск 2

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 20.07.2008. Формат 60 x 84 / 16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,0.

Уч.-изд. л. 6,25. Тираж 100 экз. Зак. 31к.

Отпечатано в типографии
Иркутского государственного технического университета
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83

