

1. Общие сведения

Впускная система современных бензиновых двигателей состоит из нескольких элементов, наиболее сложным из которых является дроссельный узел (рис.1.1).

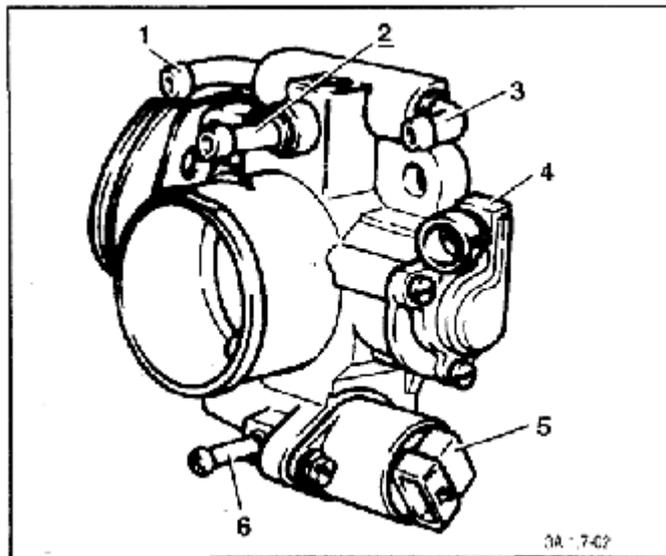


Рис.1.1. Дроссельный патрубок в сборе :

- 1 — патрубок подвода охлаждающей жидкости;
- 2 — патрубок системы вентиляции картера на холостом ходу;
- 3 — патрубок для отвода охлаждающей жидкости;
- 4 — датчик положения дроссельной заслонки;
- 5 — регулятор холостого хода;
- 6 — штуцер для продувки адсорбера

Конструкция дроссельного узла должна удовлетворять нескольким противоречивым требованиям. Это, прежде всего, наличие достаточного проходного сечения, выбираемого из условия получения максимально допустимых газодинамических потерь при максимальном расходе воздуха двигателем. Выполнение этого требования приводит к тому, что при наличии проходного сечения, достаточного для максимальных расходов воздуха, угол открытия дроссельной заслонки, обеспечивающий получение максимального наполнения при минимальной рабочей частоте вращения коленчатого вала двигателя, составляет порядка 20° . С точки зрения характеристик управляемости автомобиля, это неприемлемо, поскольку не позволяет водителю

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

достаточно уверенно управлять автомобилем в случае работы двигателя в области низких частот вращения коленчатого вала, где абсолютные значения расхода воздуха относительно невелики. Отсюда вытекает требование к линейности передаточной характеристики дроссельного узла, то есть требование обеспечения пропорциональности между положением педали акселератора и мощностью развиваемой двигателем, выполняемое во всем диапазоне изменения положения дроссельной заслонки.

Обеспечить приемлемую линейность передаточной характеристики дроссельного узла помогают различного рода нелинейные механические звенья, связывающие педаль акселератора и дроссельную заслонку двигателя. Но более перспективным путем является применение электрически управляемых исполнительных устройств при полностью или частично отсутствующей кинематической связи между педалью акселератора и дроссельной заслонкой. Это решение позволяет не только получить нужную передаточную характеристику, связывающую положение педали акселератора и дроссельной заслонки, но и применить более эффективные способы управления рабочим процессом двигателя. Применение электрически управляемой дроссельной заслонки в настоящее время ограничено из-за ее высокой стоимости, но применение более простого исполнительного устройства - регулятора дополнительного воздуха, в частности регулятора холостого хода (РХХ), является обязательным.

1. Назначение РХХ

Регулятор холостого хода служит для поддержания установленных оборотов двигателя на холостом ходу за счет изменения количества воздуха, подаваемого в двигатель в обход закрытой дроссельной заслонки (рис.1.2). В полностью выдвинутом положении (выдвинутое до упора положение соответствует "0" шагов), конусная часть штока перекрывает подачу воздуха в обход дроссельной заслонки. При открывании (обороты холостого хода уве-

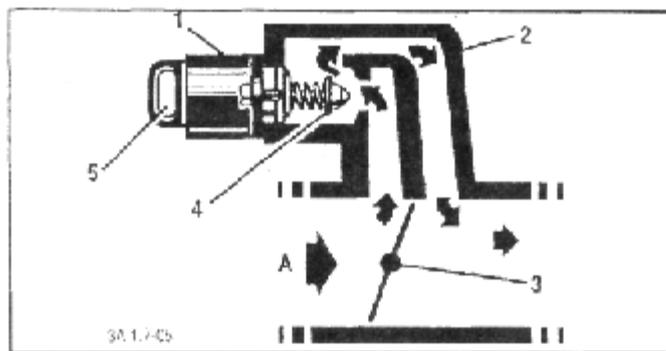


Рис.1.2. Схема регулировки подачи воздуха РХХ:
1— шаговый двигатель регулятора холостого хода;
2— дроссельный патрубок; 3 — дроссельная заслонка;
4 — запорная игла клапана РХХ; 5 — электрический разъем; А — поступающий воздух

личиваются) клапан обеспечивает расход воздуха, пропорциональный перемещению штока (количеству шагов) от своего седла. Полностью открытое положение клапана соответствует перемещению штока на 255 шагов.

На прогретом двигателе ЭБУ, управляя перемещением штока, поддерживает постоянную частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу независимо от состояния двигателя и от изменения нагрузки (включение электровентилятора, компрессора кондиционера и т.д.).

Помимо управления частотой вращения коленчатого вала на режиме холостого хода, производится управление РХХ, способствующее снижению токсичности отработавших газов. Когда дроссельная заслонка резко закрывается при торможении двигателем, РХХ увеличивает количество воздуха, подаваемого в обход дроссельной заслонки, обеспечивая обеднение топливовоздушной смеси. Это снижает выбросы углеводородов и окиси углерода, происходящие при быстром закрытии дроссельной заслонки.

1.2. Виды РХХ, применяемых на автомобилях ВАЗ

На отечественных легковых автомобилях: ВАЗ 2110, 21083, 21093,

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

21099 и их модификациях с двигателями ВАЗ-2111 и ВАЗ-2112 с системой распределенного впрыска топлива устанавливаются РХХ двух фирм производителей:

1. Калужского завода телеграфной аппаратуры (КЗТА)
РХХ 2112-1148300-02 (рис.1.3)
2. Электромеханического завода ОАО Пегас (г. Кострома)
РХХ 2112-1148300-01 (рис.1.4)



Рис.1.3. РХХ 2112-1148300-02



Рис.1.4. РХХ 2112-1148300-01

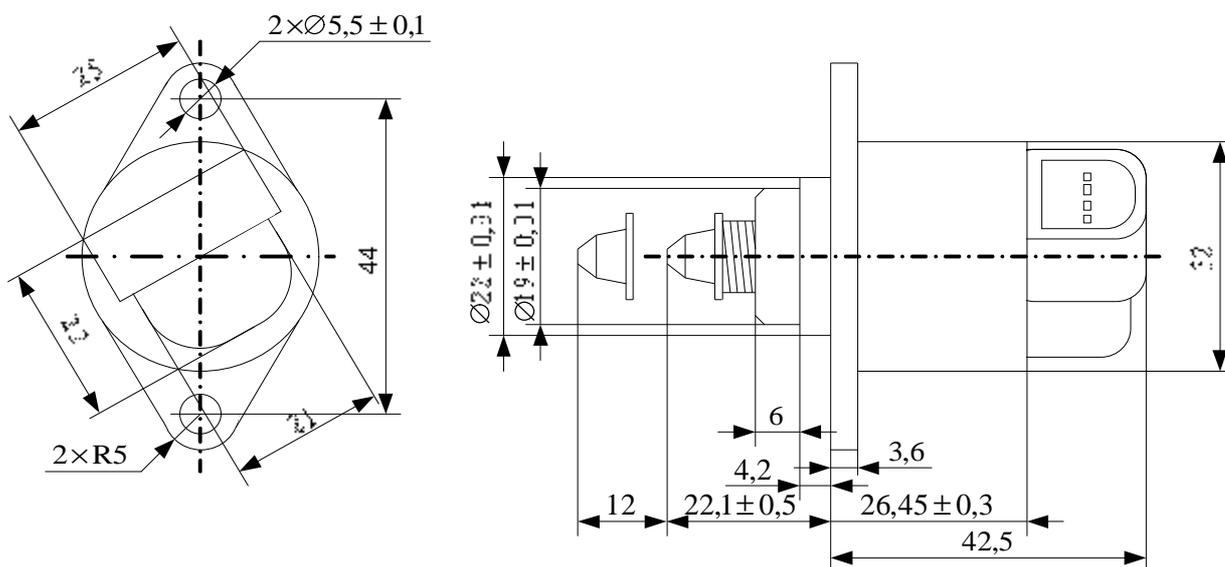


Рис.1.5. Габаритные размеры РХХ

	РХХ 2112-1148300-02	РХХ 2112-1148300-01
Сопротивление обмоток, Ом	51 ± 2	53 ± 5,3
Диапазон напряжения питания, В	7,5..14,,2	7,5..14,2
Рабочий ход штока при перемещении на 250 шагов, мм	-	10,4
Развиваемое усилие выдвижения штока со скоростью 333 шагов/с не менее, Н	-	6
Эффективный диаметр запорного клапана, мм	7,5	7,5
Габаритные размеры, мм	66x54x32	66x54x32
Масса, кг не более	-	0,15
Диапазон рабочей температуры, °С	-40..+130	-45..+130
Относительная влажность воздуха при температуре +40°С, % не более	-	95
Атмосферное давление, мм рт. ст.	-	630..800
Диапазон рабочей температуры, °С	-40..+130	-45..+130

1.3. Устройство РХХ ВАЗ

РХХ состоит из биполярного шагового двигателя (ШД) с двумя независимыми обмотками и соединенного с ним подпружиненного конусного штока с клапаном (рис.1.6).

Вращательное движение ШД преобразуется в поступательное перемещение конусного штока с клапаном с помощью червячно-анкерного механизма. Червячно-анкерный механизма состоит из запрессованной в ротор втулки с внутренней резьбой, непосредственно конусного штока с резьбой и проточками (рис.1.7) и направляющих втулок (рис.1.8) выполненных в передней опоре ротора.

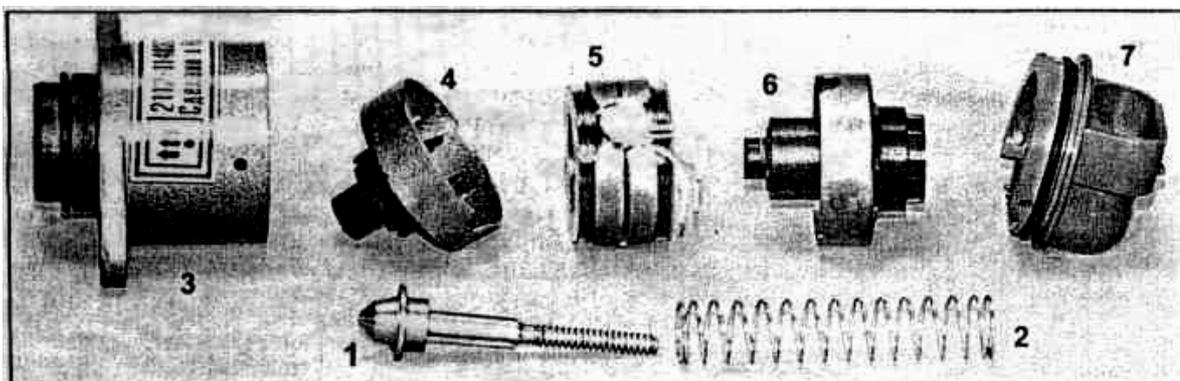


Рис. 1.6. Устройство регулятора холостого хода:

- 1 - шток с клапаном; 2 - пружина; 3 - корпус;
- 4 - передняя опора ротора; 5 - статор с катушками;
- 6 - ротор и задняя опора ротора; 7 - крышка с разъемом.



Рис.1.7. Конусный шток с резьбой и проточками



Рис.1.8. Направляющие втулки в передней опоре ротора

Таким образом к изучению принципа работы РХХ необходимо подойти со стороны изучения физических основ ШД, так как он является основной составляющей РХХ.

2. Физические основы шаговых двигателей

Шаговые двигатели уже давно и успешно применяются в самых разнообразных устройствах. Их можно встретить в дисководах, принтерах, плоттерах, сканерах, факсах, разнообразном промышленном и специальном оборудовании и наконец в РХХ.

2.1. Общие сведения

Шаговый двигатель – это синхронный двигатель, в котором вращающееся магнитное поле статора создается управляющими импульсами, а ротор представляет собой постоянный магнит с несколькими парами полюсов.

Существует три основных типа ШД:

1. двигатели с переменным магнитным сопротивлением;
2. двигатели с постоянными магнитами;
3. гибридные двигатели.

ШД с переменным магнитным сопротивлением имеют несколько полюсов на статоре и ротор зубчатой формы из магнитомягкого материала (рис. 2.1). Намагниченность ротора отсутствует, в связи с чем в таких двигателях не обеспечивается большой магнитный поток и, как следствие, большой момент, поэтому их довольно редко используют в промышленности.

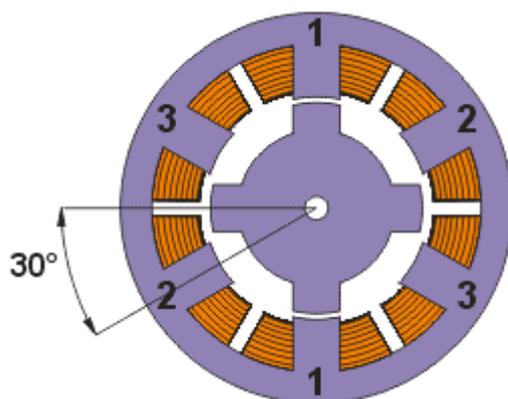


Рис.2.1. Двигатель с переменным магнитным сопротивлением

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

ШД с постоянными магнитами состоят из статора, который имеет обмотки, и ротора, содержащего постоянные магниты (рис.2.2). Чередующиеся полюса ротора имеют прямолинейную форму и расположены параллельно оси двигателя. Благодаря намагниченности ротора в таких двигателях обеспечивается большой магнитный поток и, как следствие, большой момент, чем у двигателей с переменным магнитным сопротивлением.

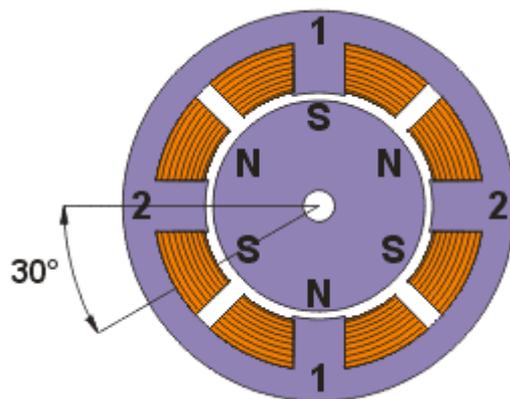


Рис.2.2. Двигатель с постоянными магнитами

ШД с постоянными магнитами подвержены влиянию обратной ЭДС со стороны ротора, которая ограничивает максимальную скорость.

На практике ШД с постоянными магнитами обычно имеют 48 – 24 шага на оборот (угол шага 7.5 – 15 град).

Гибридные ШД являются более дорогими, чем двигатели с постоянными магнитами, зато они обеспечивают меньшую величину шага, больший момент и большую скорость. Типичное число шагов на оборот для гибридных двигателей составляет от 100 до 400 (угол шага 3.6 – 0.9 град.). Гибридные двигатели сочетают в себе лучшие черты двигателей с переменным магнитным сопротивлением и двигателей с постоянными магнитами. Ротор гибридного двигателя имеет зубцы, расположенные в осевом направлении (рис. 2.3), и разделен на две части, между которыми расположен цилиндрический постоянный магнит. Таким образом, зубцы верхней половины ротора являются северными полюсами, а зубцы нижней половины – южными. Кроме того, верхняя и нижняя половины ротора повернуты друг относительно дру-

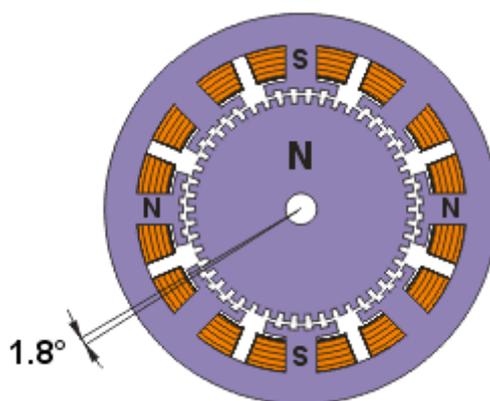


Рис. 2.3. Гибридный двигатель

га на половину угла шага зубцов. Число пар полюсов ротора равно количеству зубцов на одной из его половинок. Зубчатые полюсные наконечники ротора, как и статор, набраны из отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи. Статор гибридного двигателя также имеет зубцы, обеспечивая большое количество эквивалентных полюсов, в отличие от основных полюсов, на которых расположены обмотки. Обычно используются 4 основных полюса для двигателей с шагом 3.6 град. и 8 основных полюсов – с шагом 1.8 и 0.9 град. двигателей. Зубцы ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи в определенных положениях ротора, что улучшает статический и динамический момент. Это обеспечивается соответствующим расположением зубцов, когда часть зубцов ротора находится строго напротив зубцов статора, а часть между ними.

Применение гибридных ШД, в настоящее время, является более перспективным, но дорогостоящим.

В зависимости от конфигурации обмоток ШД делятся на биполярные и униполярные.

Биполярный ШД имеет одну обмотку в каждой фазе, которая для изменения направления магнитного поля должна переполюсовывается системой управления. Для такого типа ШД требуется мостовой выходной каскад, или полумостовой с двухполярным питанием, для каждой обмотки.

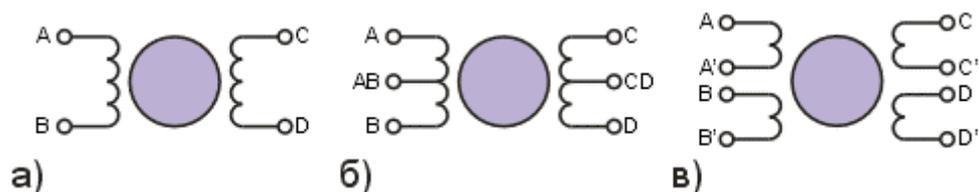


Рис.2.4. Конфигурации обмоток шаговых двигателей

Всего биполярный ШД имеет две обмотки и, соответственно, четыре вывода (рис.2.4а).

Униполярный ШД также имеет одну обмотку в каждой фазе, но от середины обмотки сделан отвод. Это позволяет изменять направление магнитного поля, создаваемого обмоткой, простым переключением половинок обмотки. При этом существенно упрощается система управления, которая должна иметь только 4 простых ключа. Таким образом, в униполярном ШД используется другой способ изменения направления магнитного поля. Средние выводы обмоток могут быть объединены внутри, поэтому такой ШД может иметь 5 или 6 выводов (рис.2.4б). Иногда униполярные ШД имеют отдельные 4 обмотки, по этой причине их ошибочно называют 4-х фазными двигателями. Каждая обмотка имеет отдельные выводы, поэтому всего выводов 8 (рис.2.4в). При соответствующем соединении обмоток такой двигатель можно использовать как униполярный или как биполярный. Униполярный ШД с двумя обмотками и отводами тоже можно использовать в биполярном режиме, если отводы оставить неподключенными. В любом случае ток обмоток следует выбирать так, чтобы не превысить максимальной рассеиваемой мощности.

Достоинствами ШД являются:

1. Возможность прецизионного позиционирования без применения обратной связи, так как угол поворота ротора определяется числом импульсов, которые поданы на двигатель.
2. Возможность обеспечения полного момента в режиме остановки (если обмотки запитаны).

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

3. Возможность получения очень низких скоростей вращения нагрузки, присоединенной непосредственно к валу двигателя без промежуточного редуктора.
4. Скорость пропорциональна частоте входных импульсов.
5. Высокая надежность (отсутствие щеточного узла).
6. Высокий срок службы, который фактически определяется сроком службы подшипников.

К недостаткам ШД следует отнести:

1. Присущее явление резонанса - внезапное падение момента на некоторых скоростях, что может привести к пропуску шагов и потере синхронности. Проявляется в том случае, если частота шагов совпадает с собственной резонансной частотой ротора двигателя.
2. Возможность потери контроля положения ввиду работы без обратной связи.
3. Потребление энергии не уменьшается даже без нагрузки.
4. Затруднена работа на высоких скоростях.
5. Невысокая удельная мощность.
6. Относительно сложная схема управления.

2.2. Способы управления

Существует несколько способов управления фазами ШД.

1. Полношаговый режим без перекрытия фаз ("one phase on" full step или wave drive mode). Реализуется попеременной коммутацией фаз, при этом они не перекрываются, в один момент времени включена только одна фаза (рис.2.5а). Точки равновесия ротора для каждого шага совпадают с «естественными» точками равновесия ротора у незапитанного двигателя. Недостатком этого способа управления является то, что для биполярного двигателя в один и тот же момент времени используется 50% обмоток, а для униполяр-

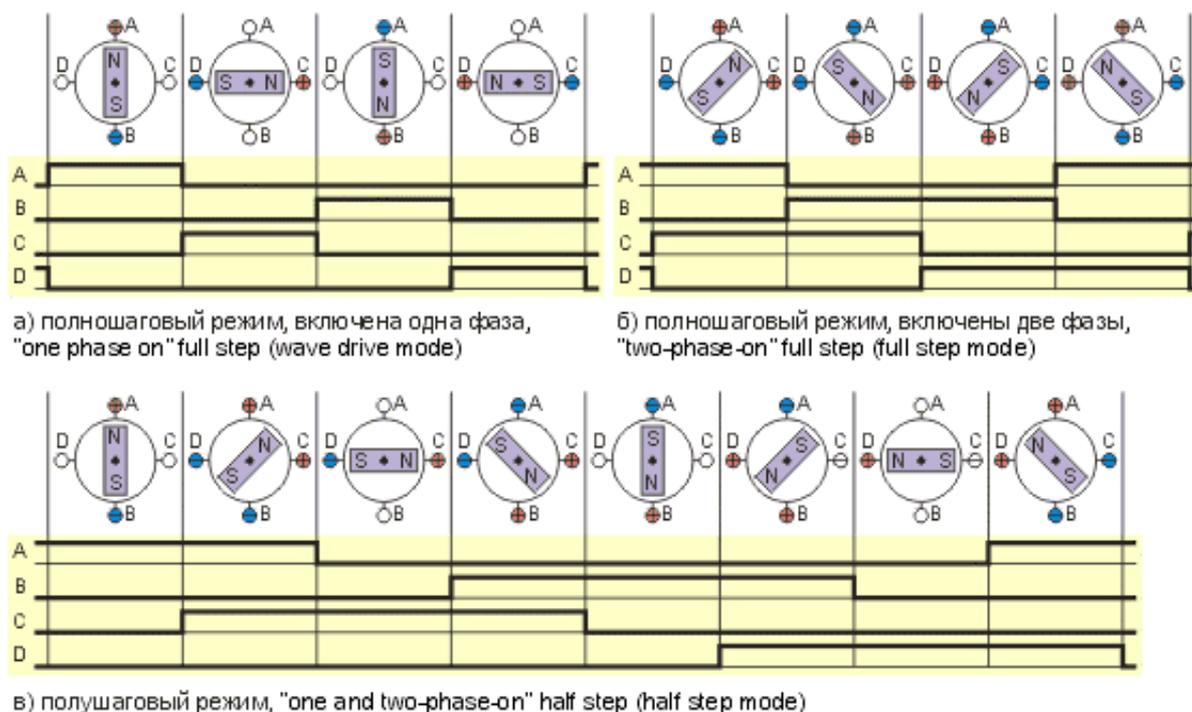


Рис.2.5. Способы управления фазами ШД

ного – только 25%. Это означает, что в таком режиме не может быть получен полный момент.

2. Полношаговый режим с перекрытием фаз ("two-phase-on" full step или просто full step mode). Реализуется коммутацией фаз с перекрытием (две фазы включены в одно и то же время), причем управляющие импульсы в одной фазе опережают управляющие импульсы в другой на 90 эл. град.. При этом способе управления ротор фиксируется в промежуточных позициях между полюсами статора (рис.2.5б) и обеспечивается примерно на 40% больший момент, чем в случае одной включенной фазы. Этот способ управления обеспечивает такой же угол шага, как и первый способ, но положение точек равновесия ротора смещено на полшага.

3. Полушаговый режим ("one and two-phase-on" half step или просто half step mode). Является комбинацией первых двух, когда двигатель делает шаг в половину основного. Этот метод управления достаточно распространен, так как двигатель с меньшим шагом стоит дороже и очень заманчиво получить от 100-шагового двигателя 200 шагов на оборот. Каждый второй

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

шаг запитана лишь одна фаза, а в остальных случаях запитаны две (рис.2.5в).

В результате угловое перемещение ротора составляет половину угла шага для первых двух способов управления. Кроме уменьшения размера шага этот способ управления позволяет частично избавиться от явления резонанса. Полушаговый режим обычно не позволяет получить полный момент.

2.3. Принцип работы шагового двигателя РХХ ВАЗ

Шаговый двигатель РХХ ВАЗ является биполярным ШД с постоянными магнитами. Магнитопровод статора изготовлен в виде штампованного стакана (рис.2.6). Внутри находятся полюсные наконечники в виде ламелей. Обмотки фаз размещены на двух разных магнитопроводах, которые установлены друг на друге. Ротор представляет собой цилиндрический многополюсный постоянный магнит.

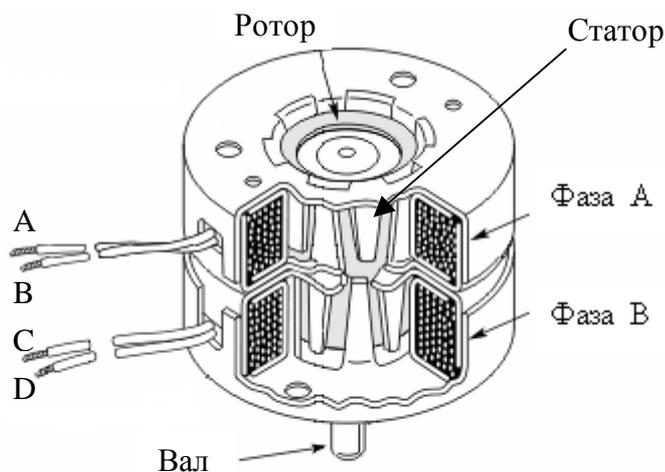


Рис.2.6. Разрез шагового двигателя с постоянными магнитами

Магнитная система ШД РХХ ВАЗ представлена на рис.2.7.

Управление ШД РХХ ВАЗ осуществляется в полношаговом режиме с перекрытием фаз (см. рис.2.5б).

В момент включения фазы А (АВ) в полюсах статора наводится магнитное поле, которое при взаимодействии с магнитным полем постоянных магнитов ротора создает электромагнитный момент, который позиционирует

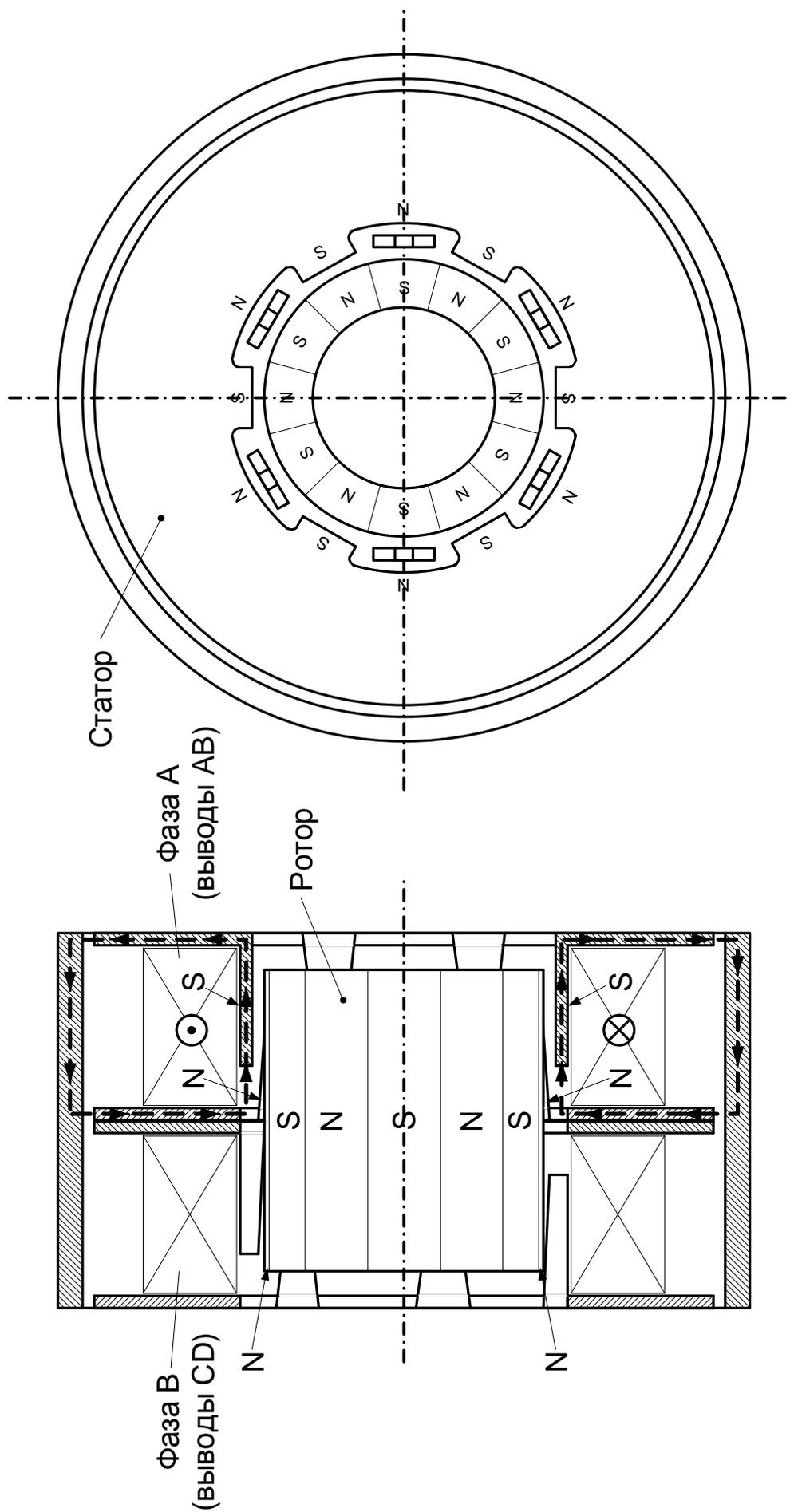


Рис.2.7. Магнитная система шагового двигателя РХХ автомобилей ВАЗ

ротор относительно фазы А в положение показанное на рис.2.8а (полюса ротора находятся под противоположными полюсами статора фазы А), а относительно фазы В – на рис.2.8.б.

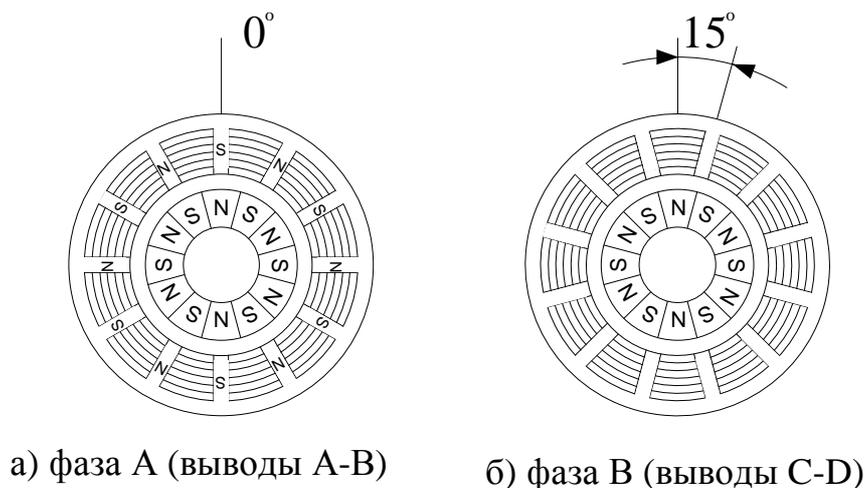


Рис.2.8. Positioning of the rotor at the moment of commutation of phase A

Далее, не отключая фазу А, происходит включение фазы В (CD), при этом электромагнитный момент позиционирует ротор в промежуточном положении между полюсами статоров фаз А и В (рис.2.9)

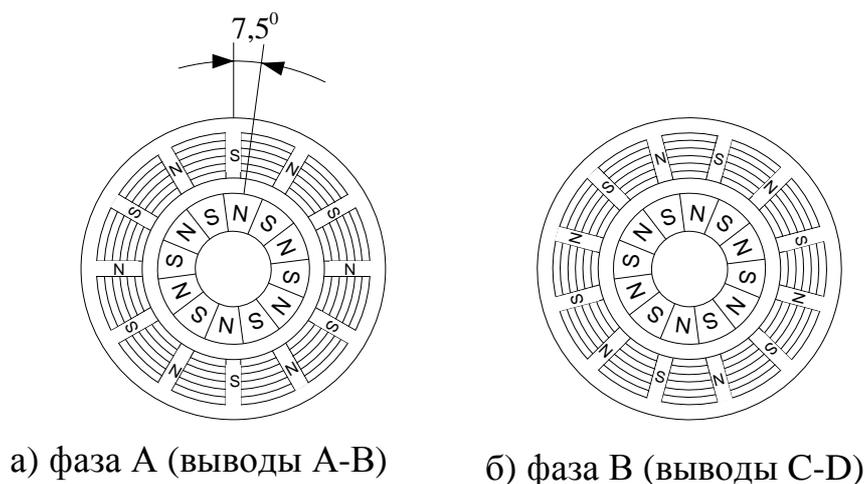
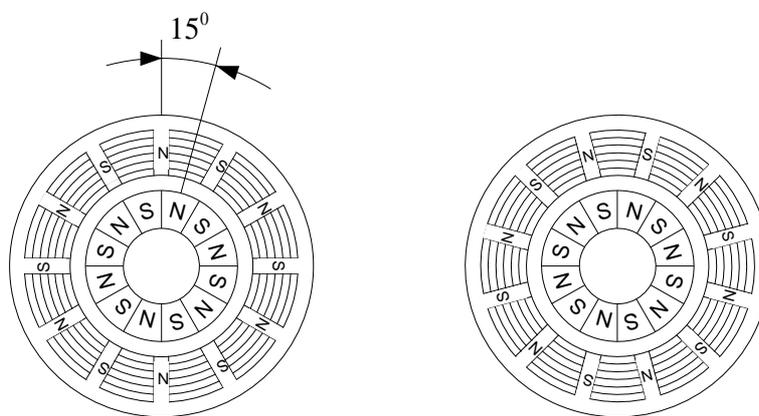


Рис.2.9. Positioning of the rotor at the moment of overlap of phases A and B

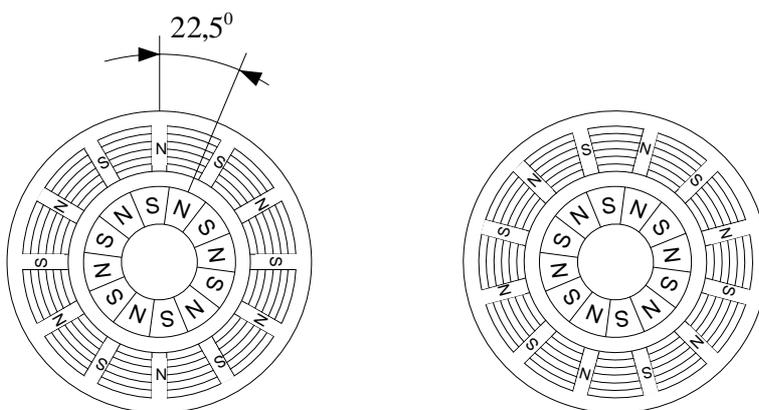
Следующим действием идет смена направления тока в фазе А (ВА), без отключения фазы В, при этом ротор занимает соответствующее положение под противоположными полюсами статора фазы В (рис.2.10).



а) фаза А (выводы А-В) б) фаза В (выводы С-Д)

Рис.2.10. Позиционирование ротора в момент смены полярности в фазе А (ВА), без отключения фазы В

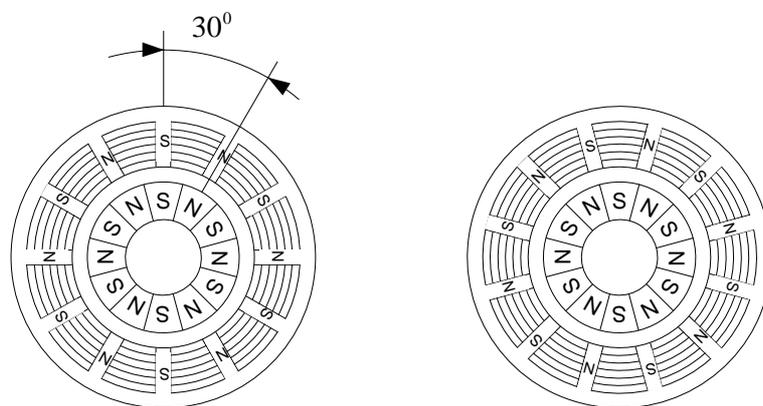
Далее происходит смена направления тока в фазе В (DC), без отключения фазы А, при этом электромагнитный момент снова позиционирует ротор в промежуточном положении относительно полюсов статоров фаз А и В (рис.2.11). Эта стадия является завершением цикла (периода) в фазе А.



а) фаза А (выводы А-В) б) фаза В (выводы С-Д)

Рис.2.11. Позиционирование ротора в момент смены полярности в фазе В (DC), без отключения фазы А

Началом следующего цикла является смена направления тока в фазе А (АВ), без отключения фазы В, при этом ротор повернется еще на $7,5^\circ$ и займет положение показанное на рис.2.12 и т.д.



а) фаза А (выводы А-В) б) фаза В (выводы С-Д)

Рис.2.12. Позиционирование ротора в момент смены полярности в фазе А (АВ), без отключения фазы В

Следует отметить, что при остановке ШД, путем отключения питания, ротор займет положение строго под полюсами статора одной из фаз. Если необходимо остановить его в промежуточном положении, то в обмотки фаз необходимо подавать ток удержания.

Таким образом, рассмотрев физические основы ШД, можно сделать вывод, что для изучения принципа работы и методов проверки РХХ автомобилей ВАЗ необходимо создание стенда, основой которого должен быть тестер РХХ обеспечивающий управление в полношаговом режиме с перекрытием фаз.

3. Стенд для проверки РХХ автомобилей ВАЗ

Разрабатываемый стенд позволит исследовать принцип работы РХХ, а также выявить его неисправность.

3.1. Технические требования к стенду

1. Наличие встроенного блока питания для автономной работы от промышленной сети: $\sim 220\text{В} \begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$;

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

2. Наличие системы управления РХХ, позволяющей изменять скорость и направление движения конусного штока с клапаном;
3. Наличие контрольно- измерительного прибора (индикатора) для отображения количества шагов РХХ;
4. Наличие разъемов для подключения внешних измерительных устройств (осциллографа, вольтметра, омметра).

3.2. Описание стенда

Стенд представляет собой совокупность тестера РХХ, индикатора количества шагов 3, динамометра для измерения развиваемого усилия 7 и непосредственно РХХ 10, собранных в корпус 1 (рис.3.1).

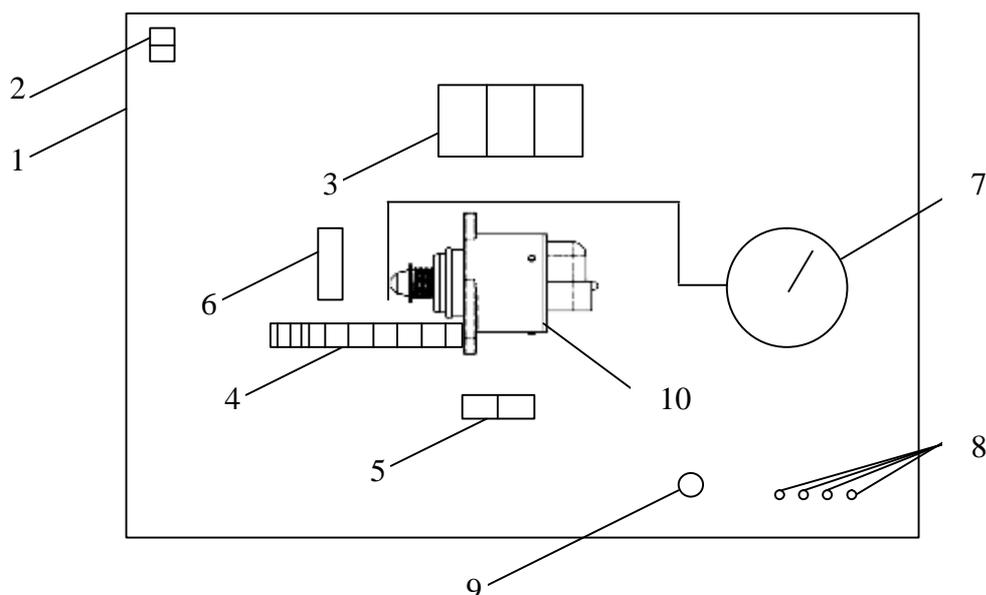


Рис.3.1. Стенд для проверки РХХ:

1-корпус; 2-выключатель питания; 3-цифровой индикатор; 4-шкала для измерения рабочего хода штока РХХ; 5-переключатель направления движения штока; 6- упор для ограничения хода штока РХХ (чтобы не вышел из анкера); 7-динамометр для измерения усилия развиваемого РХХ; 8-разъемы для подключения внешних измерительных устройств; 9-регулятор частоты вращения ШД (скорости перемещения штока); 10-РХХ.

3.3.Разработка функциональной схемы тестера РХХ

Система управления биполярным шаговым двигателем РХХ в полношаговом режиме с перекрытием фаз должна состоять из генератора импульсов (ГИ), логики управления фазами, двух мостовых выходных каскадов и источника питания (ИП) для всего вышеперечисленного (рис.3.2).

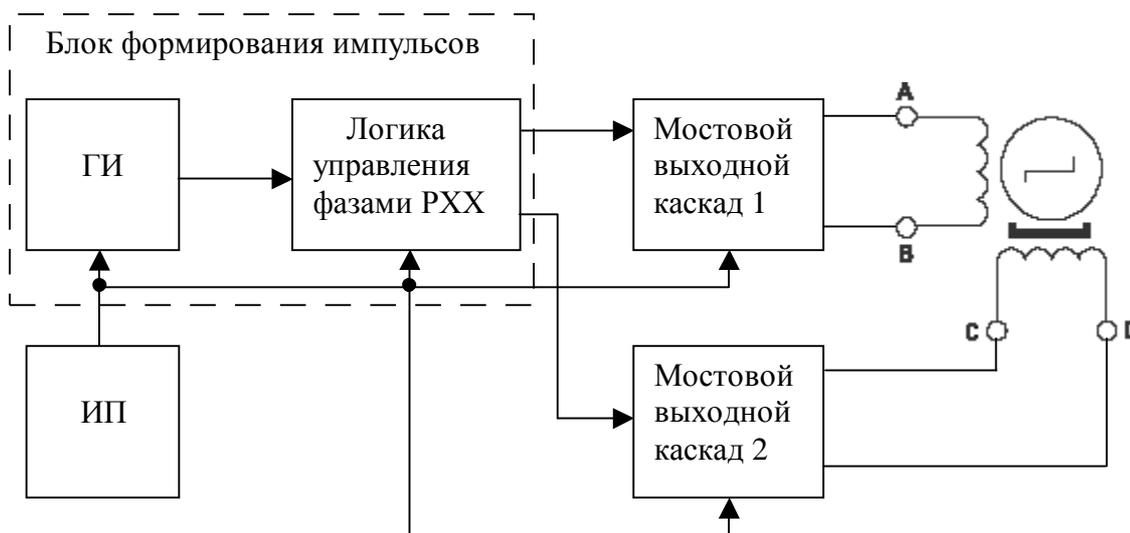


Рис.3.2. Функциональная схемы тестера РХХ

3.3.Выбор элементной базы. Расчет основных узлов тестера.

Расчет источника питания

Для электропитания тестера РХХ необходим ИП постоянного напряжения +15В на максимальный ток нагрузки $I_n=1A$. Выходное напряжение ИП должно быть стабилизировано, так как от него зависит момент развиваемый РХХ.

Источник питания, принципиальная схема которого представлена на рис.3.3, состоит из:

- понижающего трансформатора (~220/18В);
- выпрямителя;
- стабилизатора напряжения.

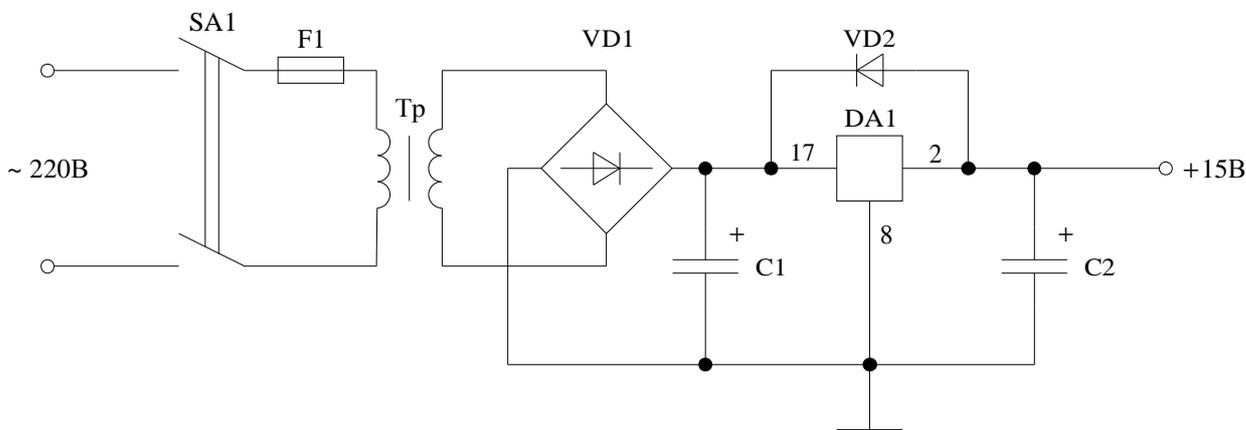


Рис.3.3. Принципиальная схема источника питания

Выпрямитель. Для обеспечения достаточно низкого коэффициента пульсаций K_p , выбираем мостовую схему выпрямителя.

Средний ток, протекающий через выпрямитель равен:

$$I_{cp} = \frac{I_n}{M}, \text{ где}$$

M - количество ветвей выпрямителя. Для мостовой схемы $M=2$. Подставляя числовые значения, получаем:

$$I_{cp} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ [A]}$$

Обратное напряжение, приложенное к каждому из диодов:

$$U_{обр} = 1,5 \cdot U_{ВЫХ} = 1,5 \cdot 15 = 22,5 \text{ [В]}$$

Выбор диодов ведется по следующим параметрам:

- максимальному прямому току $I_{пр.маx}$
- максимальному обратному напряжению $U_{обр.маx}$

Исходя из условия: $I_{пр.маx} > I_{cp}$ и $U_{обр.маx} > U_{обр}$, по справочнику выбираем диодный мост КЦ405А, имеющий следующие параметры: $I_{пр.маx} = 1 \text{ А}$, $U_{обр} = 600 \text{ В}$.

Стабилизатор напряжения. В качестве стабилизатора напряжения выбираем интегральный стабилизатор в виде микросхемы КР142ЕН8В, имеющий следующие справочные данные: $U_{ст} = 15 \pm 10\% \text{ В}$, $I_{н.маx} = 1,5 \text{ А}$ при наличии теплоотвода.

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

Конденсаторы С1 и С2 являются фильтрами сглаживающими пульсации напряжения на входе и на выходе стабилизатора соответственно.

Емкость конденсатора С1:

$$C_1 = \frac{(3200 \mathbf{K} 3500) \cdot I_H}{U_{BX} \cdot K_{П1}} = \frac{3350 \cdot 1}{18 \cdot 0,25} = 744,44 \text{ мкФ}$$

Используя ряд Е-3 выбираем: С1=1000мкФ.

Емкость конденсатора С2 с учетом наличия выходной емкости стабилизатора определяем как:

$$C_2 = \frac{C_1}{10} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ мкФ}$$

Используя ряд Е-24 выбираем: С2=100мкФ.

В качестве конденсаторов выбираем:

- С1 конденсатор К50-16-25В-1000мкФ;
- С2 конденсатор К50-16-25В-100мкФ.

Диод VD2 необходим для защиты стабилизатора от обратных выбросов напряжения (ЭДС самоиндукции) на обмотках РХХ, которые обладают определенной индуктивностью.

По справочнику выбираем диод 1N4007, имеющий следующие параметры: $I_{пр.маx} = 1\text{А}$, $U_{обр} = 1000\text{В}$.

Расчет генератора импульсов

Для формирования управляющих импульсов в тестере РХХ необходим ГИ со скважностью (t_n/T) импульсов на выходе равной 0,5. С целью изменения скорости движения конусного штока РХХ он должен быть с регулируемой частотой.

Принципиальная схема ГИ представлена на рис.3.4.

ГИ выполнен по классической схеме на инверторах из элементов 2И-НЕ микросхемы К561ЛА7, которая представляет собой 4 таких элемента. Вход управления предназначен для запуска/останова генерирования импульсов:

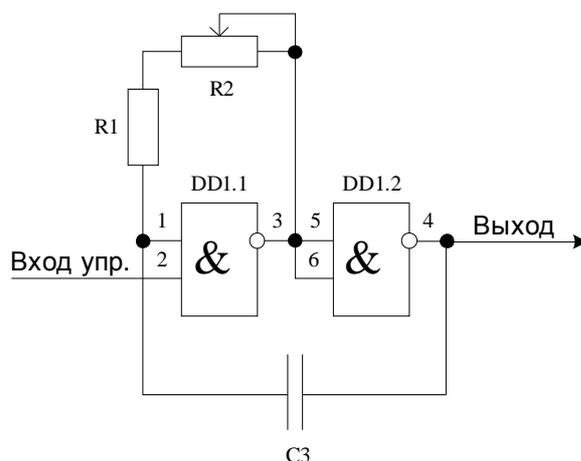


Рис.3.4. Принципиальная схема генератора импульсов

Логические состояния ГИ Таблица 2

Вход управления.	Выход
0	1
1	

Где 0 – логический нуль и $U(0)=0В$, 1-логическа единица и $U(1)=U_{\Pi}=12В$.

Частота импульсов генератора определяется как:

$$f = \frac{1}{2 \cdot (R1 + R2) \cdot C \cdot \ln \frac{U(1)}{U_{\Pi} - U_{\text{ПОР}}}}$$

где $R1=1кОм$, $R2=4,7МОм$, $C=0,1мкФ$, $U(1)=U_{\Pi}=12В$, $U_{\text{ПОР}}=6В$.

Тогда $f_{\min} = \frac{1}{2 \cdot (1 + 4700) \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \frac{12}{12 - 6}} = 1,54 Гц$, а

$$f_{\max} = \frac{1}{2 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot \ln \frac{12}{12 - 6}} = 7,22 кГц$$

3.4. Разработка принципиальной схемы тестера РХХ

Принципиальная схема тестера РХХ является совокупностью схем ИП, блока формирования импульсов, который в свою очередь состоит из ГИ и логики управления фазами РХХ, и двух идентичных мостовых выходных каскадов.

Принципиальная схема блока формирования импульсов представлена на рис.3.6, а мостового выходного каскада на рис.3.5.

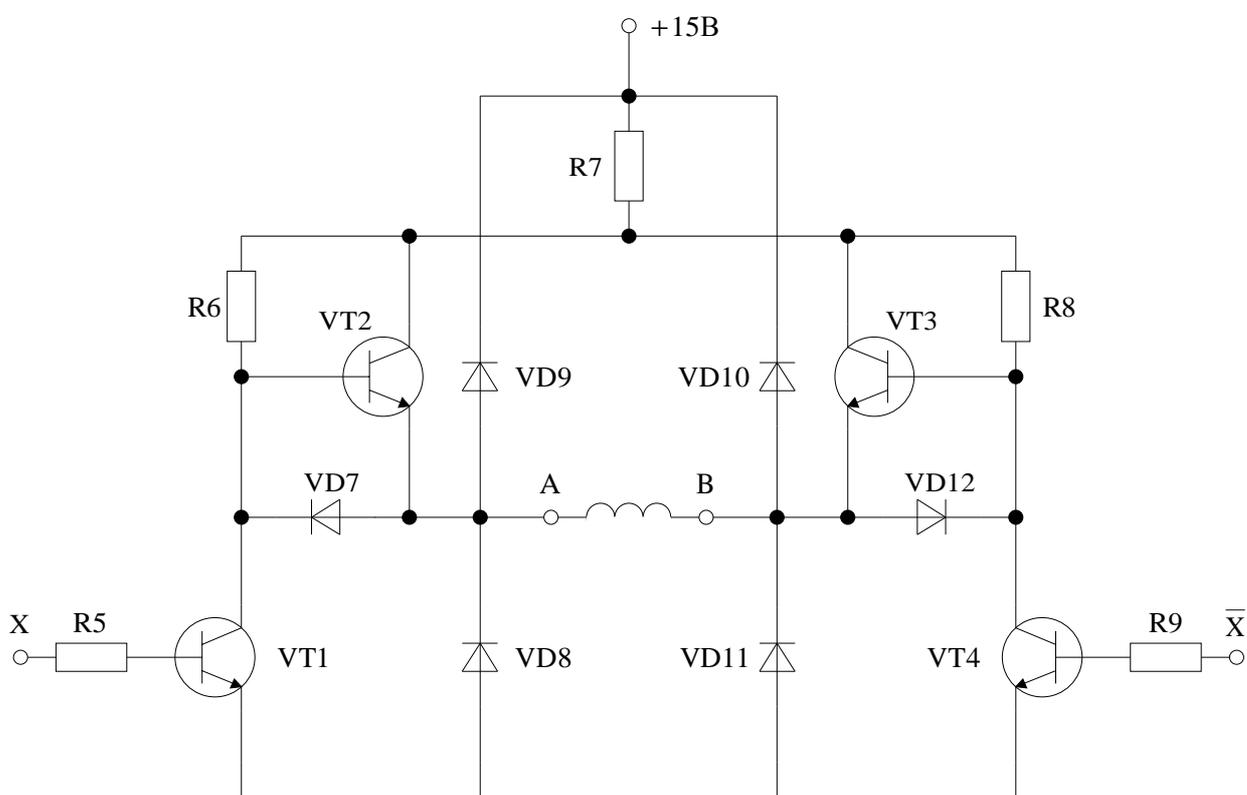


Рис.3.5. Принципиальная схема мостового выходного каскада

Принцип работы тестера РХХ удобно пояснить, используя осциллограммы его фазных напряжений, снятых с помощью скопметра FLUKE 192В.

В момент движения конусного штока РХХ вперед блок формирования импульсов подает сигналы на мостовые выходные каскады таким образом, чтобы они изменяли полярность напряжения в фазах, причем напряжение в

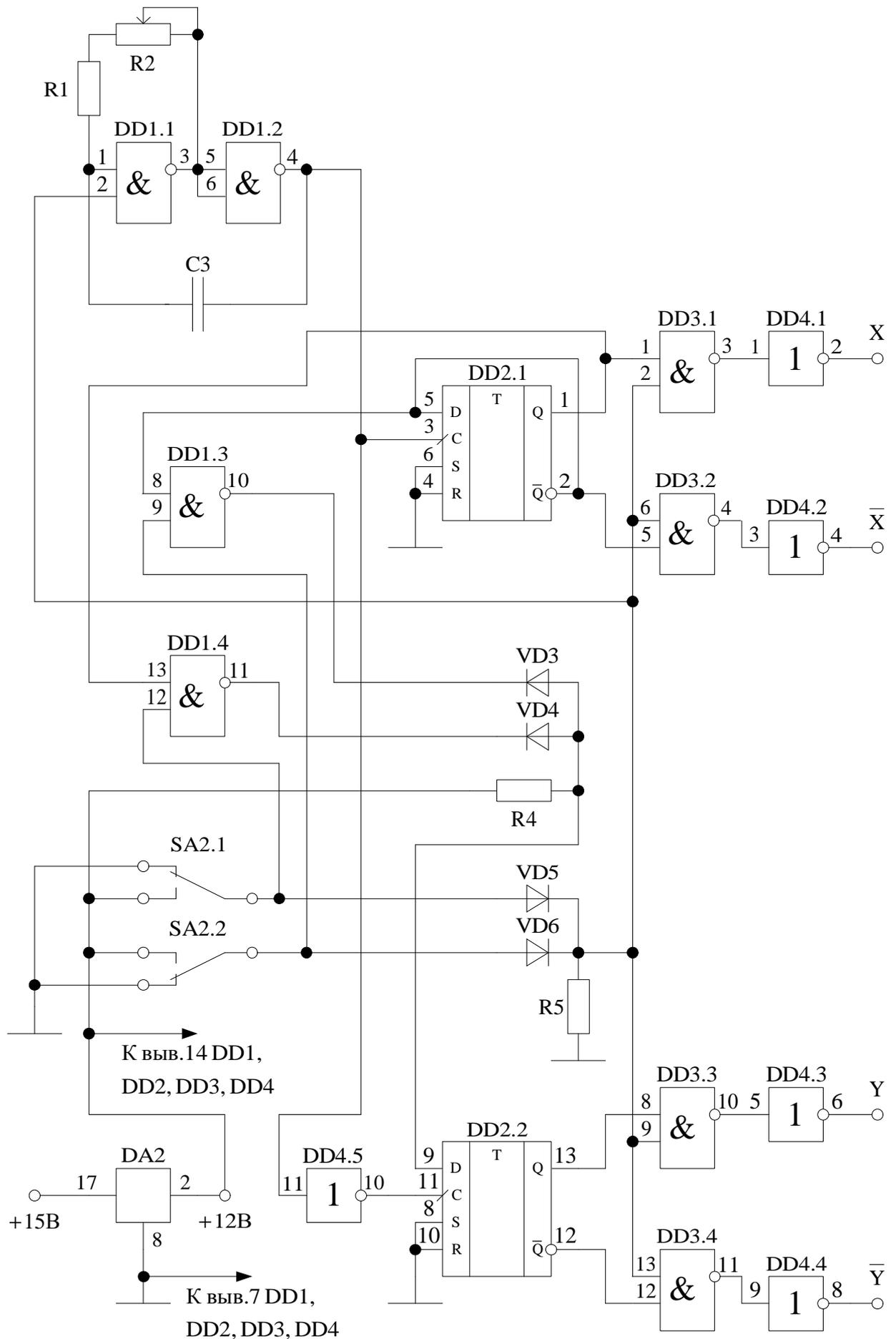


Рис.3.6. Принципиальная схема блока формирования импульсов

Артемов Денис. РХХ. Принцип работы, диагностика и тестирование.

фазе В опережает напряжение в фазе А на 90 эл. град., что в нашем случае составляет половину длительности импульса $t_{И}/2$ (рис.3.7).

Размах амплитуды во время измерения составил 22,8В, при частоте 25,94Гц.

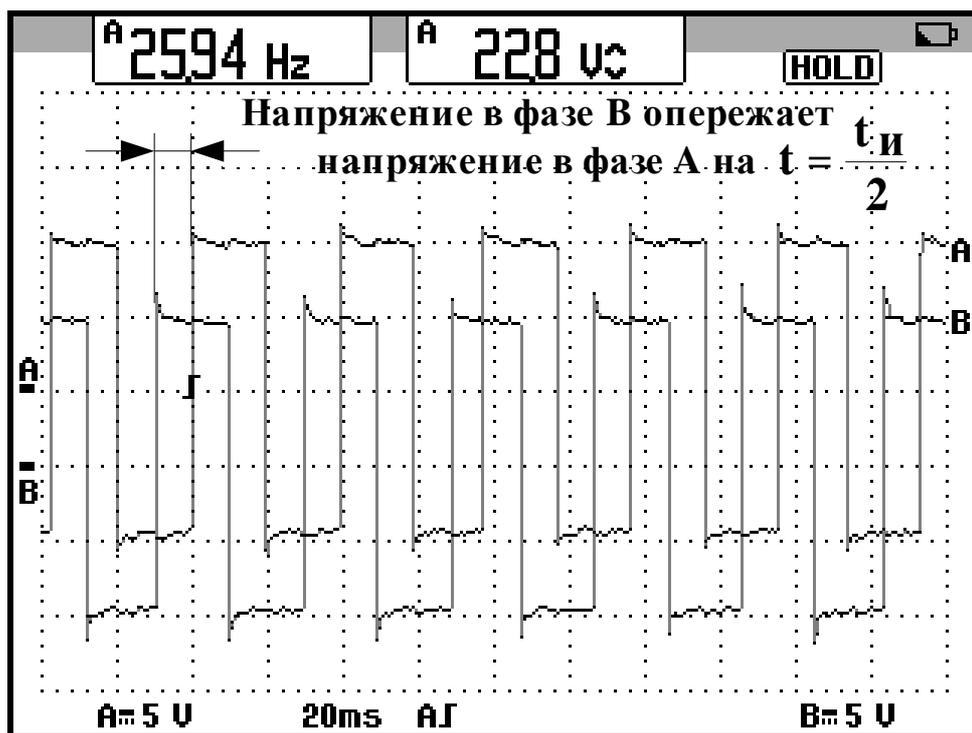


Рис.3.7. Осциллограммы напряжения в фазах РХХ в момент движения конусного штока вперед

В момент смены направления движения (реверса) конусного штока РХХ происходит момент смены чередования фаз (рис.3.8), то есть при дальнейшем его движении назад (рис.3.9) напряжение в фазе А будет опережать напряжение в фазе В на ту же половину длительности импульса $t_{И}/2$.

Размах амплитуды при частоте 28,57Гц составил 23,2В.

Во всех случаях снятия осциллограмм напряжения в фазах РХХ во фронте каждого импульса наблюдается “выброс” амплитуды, что обусловлено наличием индуктивности в обмотках РХХ, а следовательно и возникновением ЭДС самоиндукции.

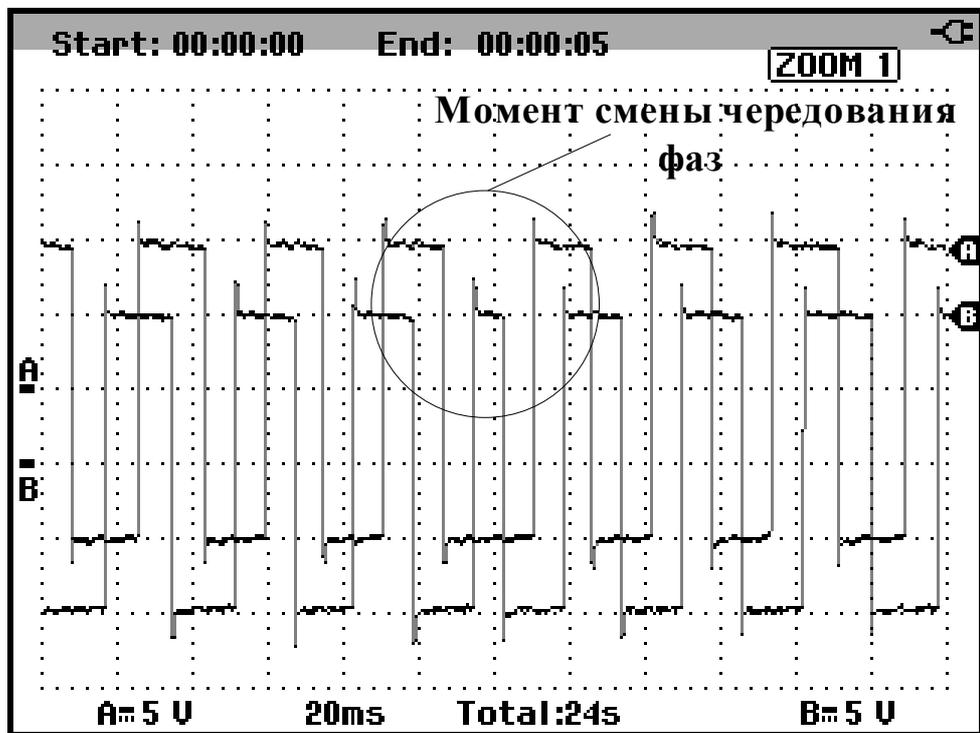


Рис.3.8. Осциллограммы напряжения в фазах РХХ в момент смены направления движения (реверса) конусного штока

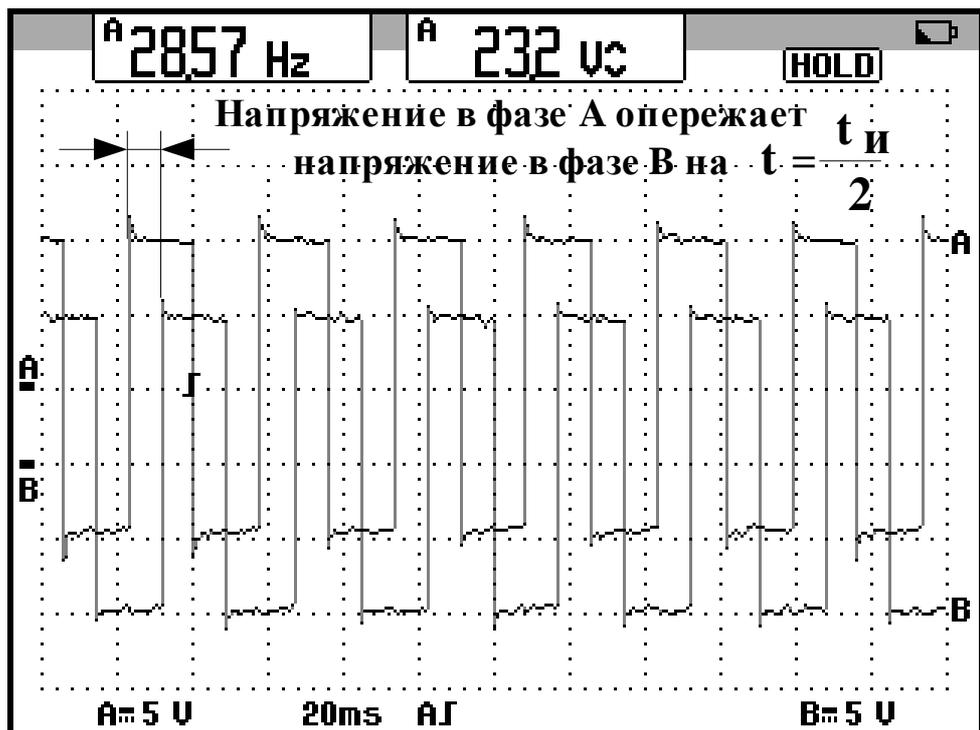


Рис.3.9. Осциллограммы напряжения в фазах РХХ в момент движения конусного штока назад

3.6. Методика проведения испытаний РХХ на стенде

- Не включая питания стенда с помощью мультиметра проверить сопротивление обмоток РХХ на разъемах 8 стенда (см. рис.3.1). Маркировка разъемов А-В-С-Д слева направо соответственно.

Сопротивление между контактами А и В (одна обмотка), и С и D (вторая обмотка) должно быть 40 – 80 Ом, если оно меньше, то это свидетельствует о наличии межвитковых замыканий в обмотках.

- Проверить мультиметром в режиме измерения МОм сопротивление между контактами В и С, А и D. Прибор должен показать бесконечность. Если это не так (мультиметр показывает какое-то значение), то это свидетельствует о наличии пробоя межобмоточной изоляции.

- Включить питание стенда (выключатель 1 рис.3.1) и провести следующие испытания:

- Снять осциллограммы напряжений в фазах А и В, разъемы А-В и С-Д соответственно, при движении конусного штока РХХ (вперед, реверс, назад), с помощью двухлучевого запоминающего осциллографа (FLUKE 192В).

Управление движением конусного штока РХХ осуществляется переключателем 5, с возможностью регулирования скорости его перемещения с помощью регулятора 9 (см. рис.3.1).

- Измерить с помощью шкалы 4 рабочий ход штока, при его перемещении на 250 шагов, который должен составлять 10,4мм.

Контроль за количеством шагов РХХ ведется по цифровому индикатору 3.

- Измерить с помощью динамометра 7 развиваемое усилие выдвижения штока со скоростью 333 шагов/с, которое должно быть не менее 6Н.

Скорость выдвижения штока необходимо выставить по осциллографу с помощью регулятора 9.