

Я. И. ЛЕЙБЗОН
В. Г. ВОЛКОВ

МОНТАЖ
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ИНДУКТОРНЫХ
МУФТ
СКОЛЬЖЕНИЯ



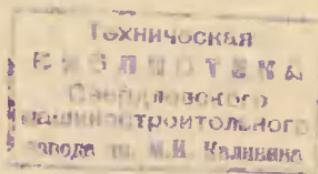
БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 243

Я. И. ЛЕЙБЗОН, В. Г. ВОЛКОВ

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИНДУКТОРНЫХ МУФТ СКОЛЬЖЕНИЯ

64434



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1968



Scan
AAW

6П2.12

Л 33

УДК 621.825.6.002.72(04) + 621.34.07

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Долгов А. Н., Ежков В. В., Каминский Е. А.,
Мандрыкин С. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

Лейбзон Я. И., Волков В. Г.

Л 33 Монтаж и эксплуатация индукторных муфт скольжения. М. «Энергия», 1968.
112 с. с илл. (Б-ка электромонтера. Вып. 243).

В брошюре рассмотрены конструкции, принцип действия и технические данные индукторных муфт скольжения и регулируемых электроприводов с индукторными муфтами скольжения, источники питания для возбуждения индукторных муфт скольжения, схемы и комплектные блоки для управления ими. Рассмотрена технико-экономическая целесообразность применения регулируемых электроприводов переменного тока и указаны области их применения. Описаны монтаж, испытания и эксплуатации индукторных муфт скольжения.

Брошюра рассчитана на электромонтеров, работающих на монтаже и эксплуатации электроустановок.

3-3-10

6П2.12

98-67

Лейбзон Яков Израилевич, Волков Владимир Георгиевич
Монтаж и эксплуатация индукторных муфт скольжения

Редактор Р. А. Иогансон

Технический редактор Н. С. Мазурова

Корректор Р. К. Шилова

Сдано в набор 25/IX 1967 г.
Формат 84×108^{1/2}
Усл. печ. л. 5,88
Тираж 10 000 экз.

Подписано к печати 19/I 1968 г.

T-00012

Бумага типографская № 1

Уч.-изд. л. 6,15

Цена 23 коп. Зак. 521

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с организацией в СССР с 1963 г. массового производства индукторных муфт скольжения¹ общепромышленного назначения широкое распространение получают регулируемые электроприводы переменного тока с индукторными муфтами скольжения. Благодаря простоте устройства и экономичности применения их для механизмов с вентиляторным моментом электроприводы с муфтами скольжения находят широкое применение в вентиляционных установках кондиционеров, различных насосных станциях и дутьевых установках, позволяя заменить распространенное до настоящего времени неэкономичное регулирование при помощи дросселирования или направляющих аппаратов регулированием путем изменения скорости. Простота и сравнительно невысокая стоимость этих приводов обеспечили им широкое применение и для других механизмов. В настоящее время в СССР выпускаются индукторные муфты скольжения с передаваемым моментом от 0,1 до 400 кГ·м. Индукторные муфты скольжения до 4 кГ·м (разработка ЭНИМС) входят в комплектный регулируемый электропривод типа ПМС, выпускаемый Харьковским заводом «Электростанок».

Индукторные муфты скольжения от 4,5 до 400 кГ·м типа ИМС и блоки управления этими муфтами выпускаются по разработке ГПИ Тяжпромэлектропроект.

Индукторные муфты скольжения конструктивно просты, не содержат трущихся частей, не требуют для из-

¹ Работы по индукторным муфтам скольжения были начаты в Московском энергетическом институте Р. А. Иогансоном и Я. И. Лейбзоном под руководством профессоров М. Г. Чиликина и Е. В. Нитусова в 1946 г., а затем продолжались в проектных институтах (авторское свидетельство № 83472 от 1949 г.).

готовления специальной электротехнической стали; единственная имеющаяся обмотка возбуждения простейшая — кольцевая. Эти муфты удобны в эксплуатации. Уход за ними, так же как и за асинхронными короткозамкнутыми двигателями, крайне прост. Опыт эксплуатации индукторных муфт скольжения показал их высокую надежность.

В связи с распространением ИМС возникла необходимость в руководстве для монтажного и эксплуатационного персонала, содержащем практические сведения по индукторным муфтам скольжения.

В предлагаемой читателю брошюре содержатся краткие сведения по устройству и управлению электроприводами с индукторными муфтами скольжения, экономике их применения и практические указания по монтажу, наладке и эксплуатации индукторных муфт.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ИНДУКТОРНЫХ МУФТАХ СКОЛЬЖЕНИЯ

Назначение, конструкция и принцип действия ИМС. Индукторные муфты скольжения (ИМС) представляют собой электрическую машину, предназначенную для получения регулируемого электропривода при нерегулируемом двигателе (асинхронном короткозамкнутом, синхронном, двигателе внутреннего сгорания и др.).

На рис. 1 показана принципиальная схема электропривода с ИМС. Индукторная муфта скольжения устанавливается между двигателем и механизмом. Скорость на входном валу муфты сохраняется постоянной, а скорость выходного вала может изменяться. Скорость эта зависит от тока возбуждения муфты. Изменением его можно регулировать скорость выходного вала муфты и соединенного с ним приводимого во вращение механизма.

При помощи ИМС могут быть решены следующие технические задачи:

регулирование скорости привода при постоянной скорости двигателя;

стабилизация скорости на выходе муфты при переменной скорости на входе;

быстрое сцепление и расцепление валов до и во время работы привода;

слаживание ударов от двигателя к механизму при пуске и от механизма к двигателю во время работы;

разгон механизмов с начальным моментом сопротивления, большим, нежели пусковой момент двигателя;

ограничение величины передаваемого врачающего момента.

Индукторная муфта скольжения состоит из двух вращающихся частей, расположенных концентрично одна

относительно другой (рис. 2). Части муфты связаны магнитным потоком. Наружная часть муфты 2, называемая якорем, выполняется в форме массивного цилиндра из малоуглеродистой стали (обычно марки Ст. 20). Внутри якоря расположен индуктор 3, который представляет собой двухрядное зубчатое колесо, также

из стали (обычно марки Ст. 10). Воздушный зазор между якорем и индуктором принимается по механическим соображениям и равен примерно 1 мм.

Якорь крепится на входном валу муфты 1, а индуктор — на выходном валу 6. Оба вала муфты своими концами лежат в опорных подшипниках. Крайние опорные подшипники укреплены в стойках станины 7. Станина муфты отливается из чугуна.

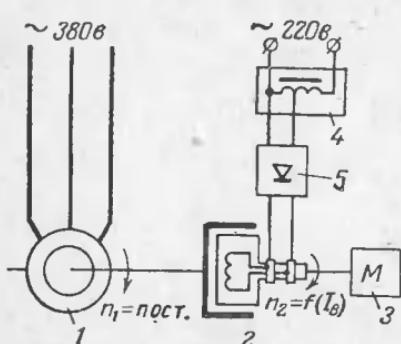
Рис. 1. Принципиальная схема электропривода с индукторной муфтой скольжения.

1 — асинхронный двигатель; 2 — индукторная муфта скольжения; 3 — механизм; 4 — вариатор напряжения; 5 — выпрямитель.

Индуктор разъемный; в круговом пазу между двумя рядами зубцов его размещается торOIDальная обмотка возбуждения постоянного тока 4. Ток в обмотку возбуждения поступает через контактные кольца и щетки. Контактные кольца 5 размещаются на выходном валу муфты, на котором, как указывалось выше, размещается индуктор.

По условиям охлаждения якорь муфты соединяют с приводным двигателем, а индуктор — с механизмом. Валы приводного двигателя и якоря чаще всего соединяют посредством эластичной муфты. Выходной вал индукторной муфты соединяют с валом механизма либо при помощи соединительной эластичной муфты, либо посредством ременной или клиновременной передачи.

При отсутствии тока в обмотке возбуждения якорь вращается вхолостую, а индуктор неподвижен. Если в обмотку подать постоянный ток, то возникнет магнитный поток, замыкающийся через якорь и индуктор. Вследствие неодинаковых магнитных сопротивлений воздушного зазора над зубцами и впадинами индуктора



распределение магнитного поля по окружности якоря будет неравномерным. Магнитная индукция достигает максимума B_{\max} над зубцами и минимума B_{\min} над впадинами (рис. 3). При вращении двигателя соединенный с ним якорь перемещается относительно индуктора. В активной части якоря происходит пульсация маг-

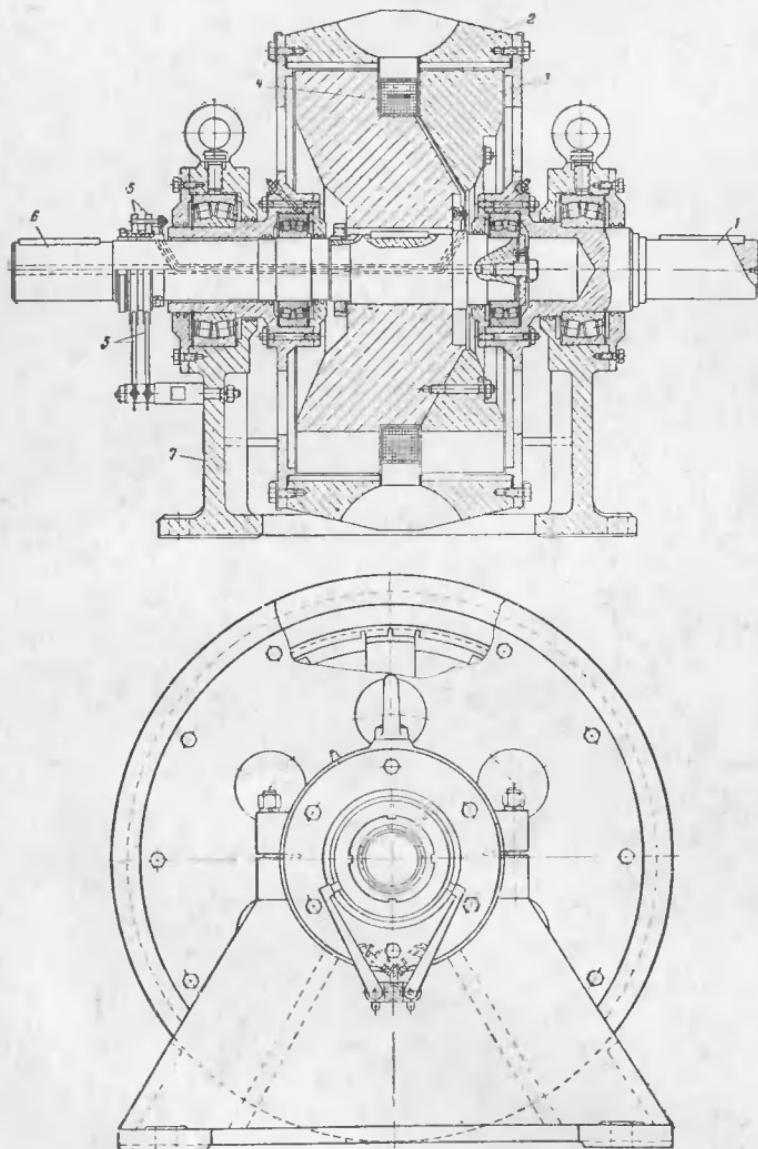


Рис. 2. Индукторная муфта скольжения.

нитного потока, вызывающая появление вихревых токов. Взаимодействие этих вихревых токов с основным магнитным потоком создает крутящий момент, который приводит индуктор во вращение в том же направлении, в каком вращается якорь.

Величина крутящего момента тем больше, чем больше ток возбуждения муфты. Если регулировать послед-



Рис. 3. Распределение магнитного поля в воздушном зазоре.

ний, то можно плавно изменять величину вращающегося момента, а следовательно, и скорость вращения индуктора. Так как индуктор укреплен на выходном валу муфты, связанном с механиз-

мом, то происходит регулирование скорости вращения выходного вала муфты и связанного с ним механизма.

По характеру изменения индукции в зазоре рассматриваемые муфты относятся к типу индукторных машин. Характерным условием работы ИМС, так же как и асинхронных двигателей, является необходимость скольжения якоря относительно индуктора. Поэтому рассматриваемые муфты носят название *индукторных муфт скольжения*.

Основные показатели электропривода с ИМС. Основными показателями электропривода с ИМС являются диапазон регулирования скорости выходного вала, плавность регулирования, возможность разгона механизма с моментом сопротивления, большим пускового момента двигателя, устойчивость работы на регулировочных скоростях, потери в приводе и допустимые нагрузки на регулировочных скоростях.

Диапазон регулирования. Регулирование скорости при помощи ИМС возможно в диапазоне от номинальной скорости выходного вала муфты до нуля при наличии на валу муфты нагрузки.

Плавность регулирования и разгон механизма. Из принципа действия ИМС следует, что плавность регулирования определяется исключительно плавностью регулирования тока возбуждения. Приведенные на рис. 4 кривые механических характеристик иллюстрируют возможность плавного регулирования скорости выходного вала муфты изменением тока возбуждения. Так, для приводов с постоянным моментом сопротивления (пря-

мая cd) при последовательном увеличении тока возбуждения от 0 до $I_{в.н}$ скорость выходного вала будет возрастать от начальной до номинальной, проходя значения 1, 2, 3, 4, 5 и 6. При изменении тока возбуждения в обратном порядке соответственно будет уменьшаться скольжение.

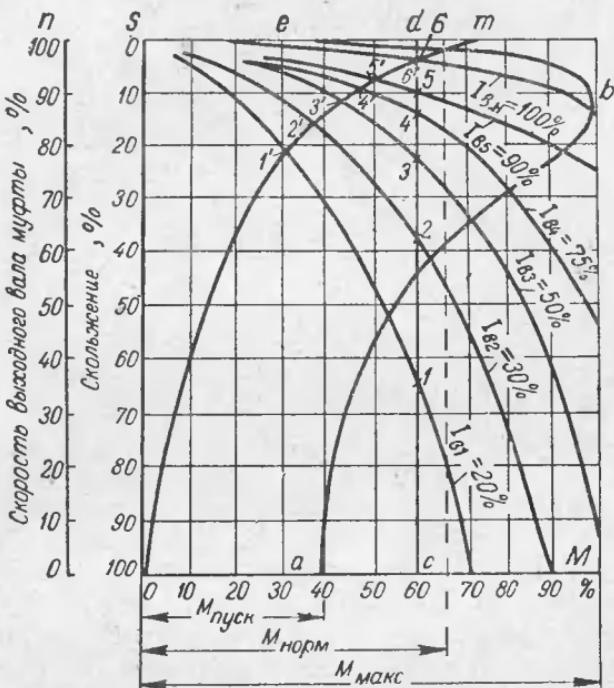


Рис. 4. Механические характеристики индукторной муфты скольжения.

рость выходного вала. Там же показана кривая *ab* от механизма с вентиляторным моментом. При увеличении тока возбуждения муфты от 0 до $I_{в.н}$ скорость выходного вала будет изменяться, проходя через точки $1'$, $2'$, $3'$, $4'$, $5'$ и $6'$. Возможность прохождения через все значения тока возбуждения от нуля до номинальной обеспечивает плавность регулирования во всем диапазоне скоростей и устойчивую работу на любой промежуточной скорости. На этом же рисунке показана механическая характеристика асинхронного двигателя (кривая *abe*).

Как видно из графика, пусковой момент двигателя $M_{пуск}$ меньше момента сопротивления механизма, характеризуемого прямой cd .

Очевидно, что разгон механизма при непосредственном соединении двигателя с механизмом невозможен.

При соединении двигателя с механизмом с помощью ИМС можно первоначально разогнать двигатель вхолостую, перевести этим самым работу двигателя на устойчивую часть характеристики *be*. На этом участке врачающий момент двигателя будет уже больше момента сопротивления механизма. Если подать затем напряжение в обмотку возбуждения муфты уже становится возможным разогнать механизм, который при прямом соединении двигателя с механизмом нельзя разогнать.

Устойчивость работы на регулировочных скоростях. Под устойчивостью работы муфты понимается способность ИМС поддерживать постоянную скорость вращения выходного вала при случайных изменениях скорости механизма после самоустраниния причин, вызвавших эти изменения.

На рис. 5 приведены механические характеристики ИМС и производственных механизмов с вентиляторным и постоянным моментами сопротивления.

Муфта работает устойчиво, если врачающий момент, развиваемый муфтой, и создаваемый механизмом момент сопротивления равны: $M = M_c$. Если случайно произойдет увеличение скорости вращения выходного вала муфты сверх скорости *n*, при которой врачающийся момент муфты равен моменту сопротивления механизма, например, до значения n_2 , то врачающий момент муфты при этом уменьшится до $M_2 < M$, а момент сопротивления механизма увеличится до значения $M_{c2} > M_c$. Поэтому скорость выходного вала снизится до значения, при котором вновь наступит равновесие между врачающим моментом и моментом сопротивления. При случайном снижении скорости выходного вала до значения n_1 произойдет обратное явление. Под влиянием избыточного момента $M_1 - M_{c1}$ скорость выходного вала начнет расти до значения *n*, при котором установится равновесие между *M* и *M_c*.

Для поддержания постоянной скорости вращения выходного вала муфты при изменении скорости, вызванном не случайными самоустраниющимися причинами, а изменением момента сопротивления *M_c*, необходимо применить замкнутую систему автоматического регулирования, рассматриваемую ниже.

Потери в приводах с ИМС. Преобразование энергии и потери в электроприводе, состоящем из асинхронного двигателя и ИМС, иллюстрируются энергетической диаграммой, показанной на рис. 6.

Подводимая из сети к двигателю электрическая энергия за вычетом суммарных потерь в двигателе $\Delta P_{\text{дв}}$

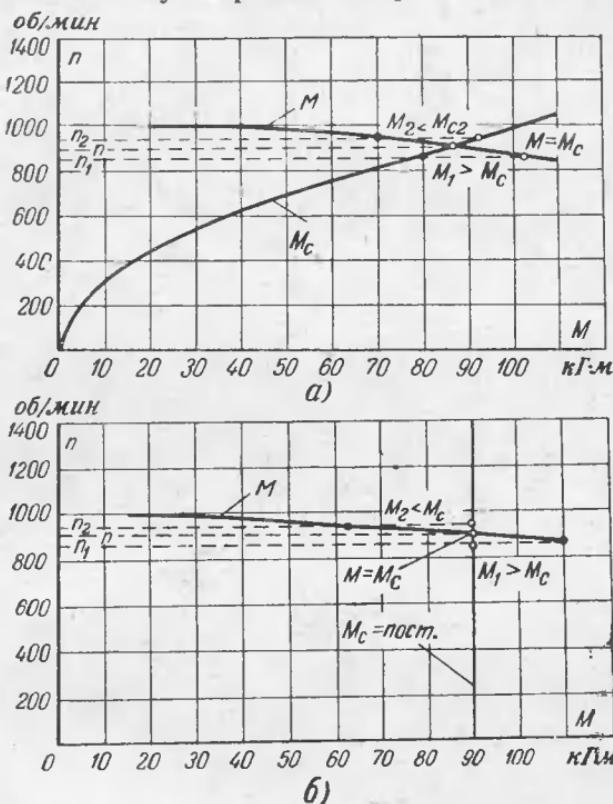


Рис. 5. Устойчивость работы на регулировочных скоростях.

а — при вентиляторном моменте сопротивления; б — при постоянном моменте сопротивления.

в виде механической мощности $P_{\text{дв}} = P - \Delta P_{\text{дв}}$ поступает на входной вал ИМС.

Потери в индукторной муфте

$$\Delta P_m = \Delta P_s + \Delta P_v + \Delta P_r + \Delta P_{1\text{вент}} + \Delta P_{2\text{вент}} + \Delta P_{1\text{тр}} + \Delta P_{2\text{тр}},$$

где

ΔP_s — потери на скольжение, выделяющиеся в виде тепла в якоре муфты, создаваемого вихревыми токами, которые возникают в его массиве;

ΔP_B — потери на возбуждение муфты, выделяющиеся в виде тепла в обмотке возбуждения, размещенной на индукторе;

ΔP_r — потери на гистерезис;

$\Delta P_{1\text{вент}}$ и $\Delta P_{2\text{вент}}$ — потери на вентиляцию ведущей и ведомой частей муфты;

$\Delta P_{1\text{тр}}$ и $\Delta P_{2\text{тр}}$ — потери на трение в подшипниках ведущей и ведомой частей муфты.

Рассмотрим отдельные составляющие потерь и энергетические показатели.

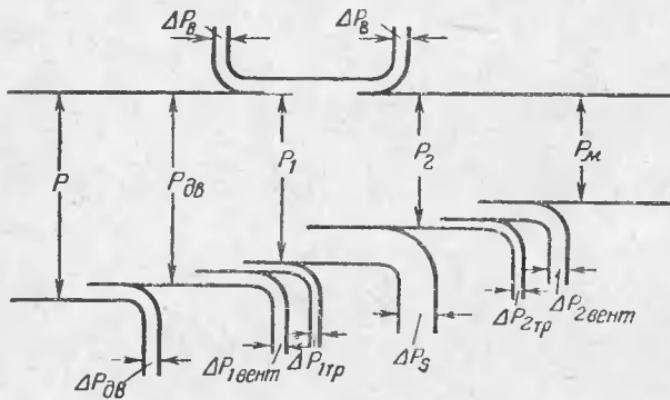


Рис. 6. Энергетическая диаграмма электропривода с ИМС.

Потери скольжения ΔP_s составляют основную часть потерь в ИМС. Потери эти пропорциональны скольжению:

$$\Delta P_s = P_1 s,$$

где P_1 — мощность входного вала муфты за вычетом вентиляционных и механических потерь ведущей части муфты $\Delta P_{1\text{вент}}$ и $\Delta P_{1\text{тр}}$:

$$P_1 = P_{\text{дв}} - (\Delta P_{1\text{вент}} + \Delta P_{1\text{тр}}).$$

Мощность входного вала муфты при регулировании на какой-либо промежуточной скорости зависит от момента сопротивления, развиваемого механизмом на рассматриваемой промежуточной скорости, и скорости входного вала муфты. В одних механизмах (механизмы подъема, транспортеры и т. п.) момент сопротивления

сохраняется постоянным независимо от скорости его вращения, в других — момент сопротивления обратно пропорционален угловой скорости (механизмы с постоянной мощностью) и, наконец, в третьих (вентиляторы, центробежные насосы) — момент сопротивления изменяется пропорционально второй степени угловой скорости (механизмы с вентиляторным моментом). Соответственно в зависимости от характера момента сопротивления поступающая к двигателю мощность и потери в ИМС на регулировочных скоростях будут разными. В механизмах с постоянным моментом сопротивления при регулировании скорости выходного вала муфты при постоянной скорости вращения двигателя поступающая из сети к двигателю и передаваемая на входной вал муфты скольжения мощность будет постоянной. В приводах механизмов с постоянной мощностью мощность, поступающая из сети к электродвигателю, будет обратно пропорциональна скорости механизма. В приводах механизмов с вентиляторным моментом сопротивления при регулировании скорости выходного вала муфты момент сопротивления механизма будет изменяться пропорционально второй степени изменения скорости:

$$M_c = M_n \left(\frac{n}{n_n} \right)^2, \quad (1)$$

а мощность — пропорционально третьей степени его:

$$P_{\text{мех}} = P_n \left(\frac{n}{n_n} \right)^3, \quad (2)$$

где P_n и M_n — мощность и момент сопротивления механизма при номинальной скорости механизма;

n и n_n — регулировочная и номинальная скорости механизма.

В общем виде зависимость момента механизма от скорости имеет вид

$$M_c = m_0 M_n + (1 - m_0) M_n \left(\frac{n}{n_n} \right)^k, \quad (3)$$

или

$$\frac{M_c}{M_n} = m_0 + (1 - m_0) \left(\frac{n}{n_n} \right)^k, \quad (3a)$$

- где M_c — момент сопротивления механизма на регулировочной скорости n ;
 m_0 — момент трения или холостого хода механизма в долях M_n ;
 M_n — момент сопротивления механизма при nominalной скорости n_n ;
 k — коэффициент, характеризующий изменение момента сопротивления при изменении скорости.

Величина коэффициента k зависит от рода механизма.

Группа 1. Механическая характеристика постоянного момента (механизмы подъема, транспортеры и т. п.). Момент сопротивления не зависит от скорости: $k=0$.

Группа 2. Характеристика постоянной мощности (моталки, некоторые станки). Момент сопротивления изменяется обратно пропорционально скорости, а мощность, потребляемая механизмом, остается постоянной: $k=1^*$.

Группа 3. Вентиляторные характеристики (вентиляторы, центробежные насосы, гребные винты и т. п.). Момент сопротивления механизма возрастает пропорционально второй степени угловой скорости: $k=2^*$.

На рис. 7,а приведены энергетические показатели приводов с постоянным моментом. Мощность, забираемая из сети этим приводом (прямая 1), остается практически постоянной. При регулировании скорости потери в муфте скольжения (прямая 2) будут увеличиваться пропорционально глубине регулирования (скольжению).

Коэффициент полезного действия (к. п. д.) муфты η_m определяется отношением используемой мощности $P_{\text{мех}}$, поступающей на вал механизма, к мощности $P_{\text{дв}}$, поступающей на входной вал муфты:

$$\eta_m = \frac{P_{\text{мех}}}{P_{\text{дв}}} \approx 1 - s. \quad (4)$$

Как видно из этого выражения каждой регулировочной скорости соответствует свой к. п. д., который с глубиной регулирования будет соответственно уменьшаться.

* Трение при холостом ходе вследствие малости здесь не учитывается.

При постоянной мощности механизма (рис. 7,б) мощность, потребляемая ИМС из сети, будет изменяться обратно пропорционально скорости механизма.

В механизмах с вентиляторным моментом (рис. 7,в) мощность, потребляемая двигателем из сети, не будет

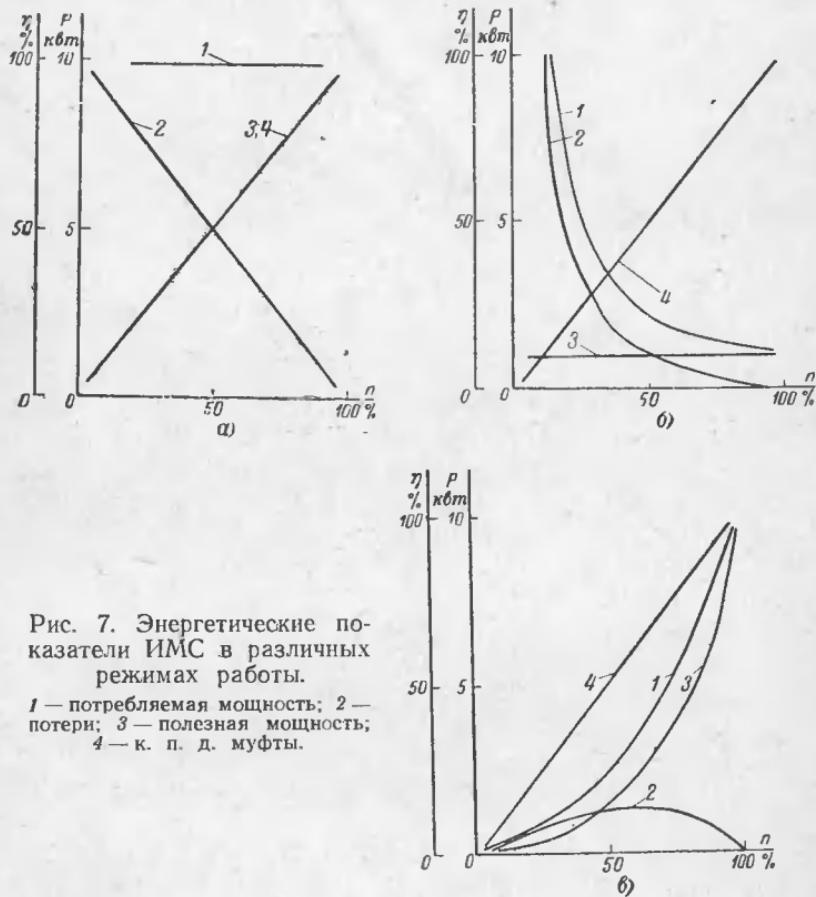


Рис. 7. Энергетические показатели ИМС в различных режимах работы.

1 — потребляемая мощность; 2 — потери; 3 — полезная мощность;
4 — к. п. д. муфты.

постоянной, а будет уменьшаться пропорционально примерно третьей степени отношения регулировочной скорости к номинальной (кривая 1). В связи с этим потери будут изменяться с глубиной регулирования, но не пропорционально глубине регулирования, а по закону, характеризуемому кривой 2, достигая при 66% скорости максимального значения — около 15% мощности механизма при номинальной скорости.

В общие потери скольжения, имеющие место при работе на регулировочных скоростях, входит также составляющая потеря скольжения, сохраняющаяся и при номинальной скорости.

Потери на возбуждение муфты, выделяющиеся в виде тепла в обмотке возбуждения, равны:

$$\Delta P_{\text{в}} = I_{\text{в}}^2 r_{\text{o.в}}, \quad (5)$$

где $I_{\text{в}}$ — ток возбуждения муфты;

$r_{\text{o.в}}$ — сопротивление обмотки возбуждения муфты.

Значения $I_{\text{в}}$ и $r_{\text{o.в}}$ ИМС приведены в табл. 2 и 3.

Потери на возбуждение составляют 0,5—1% передаваемой мощности.

Потери на гистерезис невелики по сравнению с потерями скольжения и составляют примерно 1% потерь скольжения.

Вентиляционные потери практически не зависят от режима работы муфты, так как скорость наружной части муфты, связанной с входным валом, мало изменяется с изменением режима работы, а потерями внутренней части можно пренебречь ввиду их малой величины по сравнению с первыми.

Величина вентиляционных потерь зависит от конструкции муфты.

В муфтах с воздушным охлаждением с небольшими ребрами или вентиляционными лопатками вентиляционные потери составляют примерно 0,5% общей мощности муфты.

Потери на трение зависят от рода выбранного подшипника и скорости вращения в режиме работы муфты.

При шариковых подшипниках потери на трение составляют 0,2—0,4% общей мощности муфты.

Регулирование скорости в электроприводах с ИМС осуществляется за счет потерь скольжения, выделяющихся в виде тепла в якоре муфты. Поэтому размеры якоря муфты определяются не только электромагнитными расчетами, но и его теплорассеивающей способностью.

Очевидно, что правильный выбор ИМС определяется не только номинальным моментом муфты, но и конкретными данными о характеристиках механизма и графике его работы на регулировочных скоростях, определенных в

ляющим количество тепла выделяющимся в муфте и способностью муфты рассеять это тепло.

Основные технические данные серийных ИМС. В настоящее время по разработке ГПИ Тяжпромэлектро-проект выпускаются индукторные муфты скольжения серии ИМС на 7,5; 22, 40, 75; 100 и 160 кГ·м, хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации.

С 1967 г. осваивается выпуск индукторных муфт скольжения на 250 и 400 кГ·м.

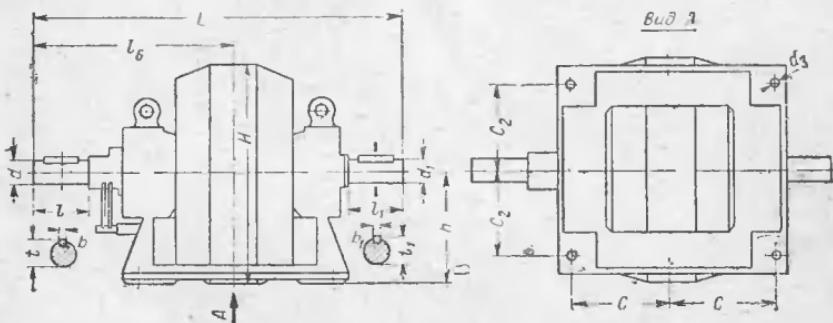


Рис. 8. Размеры индукторных муфт скольжения.

64784
04439

Муфты серии ИМС рассчитаны для длительной работы с механизмами, имеющими вентиляторный момент сопротивления. Муфты ИМС могут применяться и для механизмов с постоянным моментом. Глубина регулирования при этом ограничивается нагревом муфт от потерь скольжения. Обозначения типов муфт содержат сокращенное название муфты — ИМС (индукторная муфта скольжения) и данные о величине максимального момента, передаваемого муфтой при номинальном скольжении и номинальном возбуждении. Типы этих муфт соответственно названы ИМС-7,5, ИМС-22, ИМС-40, ИМС-75, ИМС-100, ИМС-160, ИМС-250 и ИМС-400.

На рис. 8 и в табл. 1 приведены размеры, а в табл. 2 и 3 — основные технические данные индукторных муфт серии ИМС.

Муфты серии ИМС поставляются отдельно либо комплектно с двигателями на общей раме. На рис. 9 показан общий вид электропривода с муфтой типа ИМС, а в табл. 4 — размеры электроприводов с указанными в таблице наиболее часто применяемыми двигателями.

Таблица 1

Размеры индукторных муфт скольжения

Тип муфты	Размеры, мм (рис. 8)														
	L	H	l	l ₁	d	d ₁	d ₃	b	b ₁	c	c ₁	h	t	t ₁	
ИМС-7,5	610	380	80	80	38	38	14	12	12	127	160	160	41,5	41,5	
ИМС-22	700	480	110	110	48	48	18	14	14	159	170	200	52	52	
ИМС-40	915	650	140	140	60	60	22	18	18	335	225	280	65,5	65,5	
ИМС-75	1 075	725	140	140	75	75	30	20	20	350	300	335	81	81	
ИМС-100	1 225	800	170	170	90	90	30	24	24	325	370	400	97	97	
ИМС-160															

Таблица 2

Технические данные индукторных муфт скольжения

Тип муфты	Номинальный момент, кГ·м	Номинальное скольжение, об/мин	Максимально допустимая скорость вращения, об/мин	Допустимые длительные потери скольжения (квт) при входной скорости вращения, об/мин							Напряжение источника питания (в) и номинальный ток возбуждения муфты (а)				Момент инерции (не более), кГ·м ²	Вес муфты (не более), кг
				3 000	1 500	1 000	750	600	500	U	I	U	I	якоря	индуктора	
ИМС-7,5	7,5	100	3 000	6,5	4	3	2,5	2	1,8	220	1	380	0,5	6,5	3,5	180
ИМС-22	22	50	3 000	15	9	7	5,5	5	4	220	1,4	380	0,7	15	7,5	350
ИМС-40	40	50	1 500	28	17,5	13	10,5	9	8	220	3,0	380	1,5	80	40	500
ИМС-75	75	50	1 500	65	40	30	24,5	21	18	220	3,0	380	1,5	195	65	1 170
ИМС-100	100	50	1 500	65	40	30	24,5	21	18	220	3,0	380	1,5	195	65	1 170
ИМС-160	160	50	1 500	108	66	50	41	35	30	220	5,0	380	2,5	330	140	1 740

Таблица 3

Обмоточные данные индукторных муфт скольжения

Тип муфты	Двухсекционное исполнение				
	Марка и номинальный диаметр жилы, мм	Количество витков	Общая длина провода, м	Сопротивление, ом	Вес, кг
ИМС-7,5	ПСД, Ø 0,44	3 105	5 200	610/152,5	10
ИМС-22	ПСД, Ø 0,53	2 394	5 400	430/107,5	14
ИМС-40	ПСД, Ø 0,77	1 650	5 100	194/48,5	25
ИМС-75	ПСД, Ø 0,77	1 650	5 100	194/48,5	25
ИМС-100	ПСД, Ø 0,77	1 650	5 100	194/48,5	25
ИМС-160	ПСД, Ø 1	1 410	5 280	118/29,5	43

Приложение. Предельно допустимая температура обмотки 155° С (изоляция класса F).

* Сопротивление обмотки указано в числите при последовательном, а в знаменателе при параллельном соединении секций.

При комплектации ИМС с электродвигателями других типов общие размеры электроприводов изменяются.

Выбор индукторных муфт скольжения. Индукторные муфты скольжения характеризуются номинальным передаваемым моментом при номинальном скольжении, максимальной скоростью вращения и способностью рассеивать выделяющееся в муфте тепло при регулировании. В соответствии с этим ИМС, предназначаемые для регулируемых приводов, выбирают, руководствуясь техническими данными муфт, приведенными в табл. 2.

Выбирают муфту минимального размера, обеспечивающую передачу номинального момента механизма; при этом допускается, чтобы максимальный момент нагрузки при кратковременных перегрузках превышал номинальный момент муфты, но не более чем на 15%.

Максимальная допустимая скорость ИМС должна быть равна или выше номинальной скорости вращения двигателя. Следует иметь в виду, что максимальная скорость вращения, которая может быть получена на механизме, будет меньше скорости вращения двигателя на величину скольжения муфты.

Потери скольжения в муфте не должны превышать значений длительно допустимых потерь для выбранного типа муфты.

Как было отмечено выше, выделяющиеся в виде тепла потери скольжения в якоре муфты зависят

от характера механизма и графика его работы на регулировочных скоростях.

Для правильного выбора муфт, длительно работающих с переменным скольжением, требуется, чтобы максимальные фактические потери скольжения не превышали максимально допустимых значений потерь скольжения, приведенных в табл. 2.

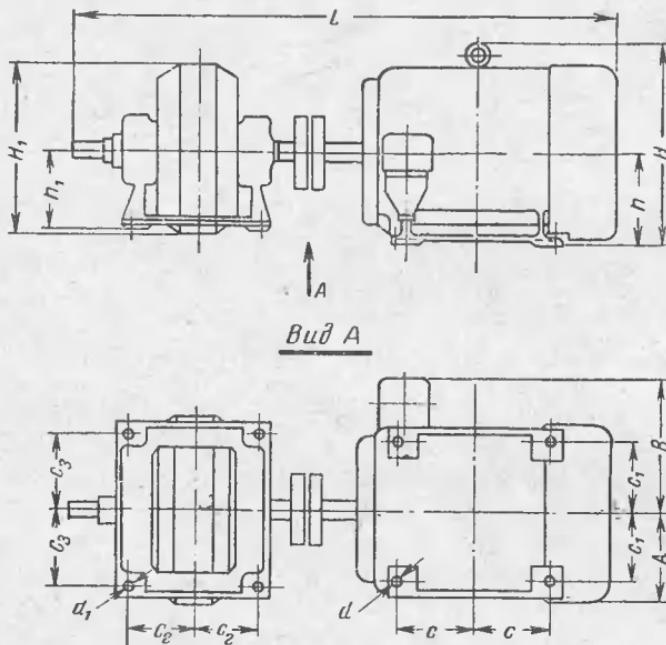


Рис. 9. Общий вид и размеры электропривода с индукторной муфтой скольжения.

При длительной работе муфты с переменным скольжением в повторно-кратковременных и кратковременных режимах работы для тепловой проверки нужно определить эквивалентный режим длительной работы с постоянным скольжением, при котором потери скольжения будут равны действительным потерям. В качестве такого эквивалентного режима принимают среднее значение потерь за наиболее нагруженный в тепловом отношении промежуток времени, принимаемый по экспериментальным данным равным 10 мин. Муфты удовлетворяют условиям работы привода, если потери скольжения эквивалентного режима не превосходят предельно допустимых.

Таблица 4

Размеры привода асинхронный двигатель — ИМС

Типы				<i>L</i>	<i>H</i>	<i>H₁</i>	<i>h</i>	<i>h₁</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>c</i>	<i>c₁</i>	<i>c₂</i>	<i>c₃</i>	<i>d</i>	<i>d₁</i>
привода ¹	двигателя	муфты														
АДМС-4-6	АО2-42-6	ИМС-4	988	310	305	132	132	143	216	89	108	120	108	12	12	
АДМС-5,5-4	АО2-42-4		1 188	361	380	160	160	165	232	105	127	160	127	14	14	
АДМС-7,5-6	АО2-52-6	ИМС-7,5	1 314	461	480	200	240	230	300	133,5	159	150	157	18	18	
АДМС-10-4	АО2-52-4		1 805	551	650	250	280	260	369	174,5	203	225	335	22	22	
АДМС-22-6	АО2-72-6	ИМС-22	2 102	627	725	280	335	299	408	209,5	228,5	300	350	22	30	
АДМС-40-6	АО2-82-6	ИМС-40	2 357	900	725	400	335	395	600	300	325	300	350	32	30	
АДМС-75-6	АО2-92-6	ИМС-75	2 357	900	725	400	335	395	600	300	325	300	350	32	30	
АДМС-100-4	АО2-92-4															
АДМС-100-6	АО-101-6	ИМС-100														
АДМС-125-4	АО-101-4															

¹ Приведены электроприводы с наиболее часто применяемыми двигателями. По требованию заказчиков ИМС комплектуются с двигателями любых типов, выпускаемых в СССР; соответственно изменяются размеры привода.

Полагая, что в небольших промежутках времени потери скольжения постоянны, эквивалентные потери скольжения определяют как среднеарифметическое потерю на отдельных регулировочных скоростях:

$$P_{\text{ск.экв}} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + \dots + P_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где P_1, P_2, \dots, P_n — потери скольжения соответственно в промежутки времени t_1, t_2, \dots, t_n , причем $t_1 + t_2 + \dots + t_n = 10 \text{ мин.}$

Эквивалентные потери скольжения должны быть не больше допустимых для данной входной скорости муфты.

Пример 1. Требуется выбрать муфту для привода вентилятора с номинальной мощностью $P_n = 28 \text{ квт}$ при скорости вращения $n_n = 930 \text{ об/мин}$ с регулированием скорости 1 : 5. Определяем номинальный момент сопротивления вентилятора:

$$M_n = 975 \frac{P_n}{n_n} = 975 \cdot \frac{28}{930} = 29,4 \text{ кГ·м.}$$

По табл. 2 выбираем муфты с ближайшим большим номинальным моментом, а именно ИМС-40. Фактическая скорость вращения муфты 930 об/мин лежит в пределах максимально допустимой скорости (1500 об/мин), что допустимо. Максимальная скорость вентилятора с учетом номинального скольжения муфты, равным 5%, будет равна 95% скорости двигателя. Фактическая производительность вентилятора при этой скорости определится по характеристике вентилятора. Максимальные потери скольжения будут при скорости 0,66 n_n , т. е. будут находиться в диапазоне регулирования и составят примерно 15% P_n , т. е. 4,2 квт. Так как значение фактических потерь скольжения 4,2 квт меньше допустимых (по табл. 2 для ИМС-40 максимально допустимые потери скольжения составляют 13 квт), то, следовательно, муфта выбрана правильно.

Пример 2. Требуется выбрать муфты для регулируемого электропривода с постоянным моментом сопротивления. Номинальная мощность $P_n = 55 \text{ квт}$; номинальная скорость $n_n = 1250 \text{ об/мин}$; глубина регулирования 1 : 3. Возможна длительная работа на любой из регулировочных скоростей.

Номинальный момент механизма

$$M_n = 975 \frac{P_n}{n_n} = 975 \cdot \frac{55}{1250} = 43 \text{ кГ·м.}$$

Максимальные потери скольжения будут иметь место при наименьшей скорости, т. е. при 416 об/мин.

При скорости приводного двигателя 1 470 об/мин потери в муфте составят:

$$P_{\text{ск}} = \frac{M(n_{\text{дв}} - n_{\text{мех}})}{975} = \frac{43 \cdot 1054}{975} = 46,5 \text{ квт.}$$

Такое количество тепла способна рассеять муфта типа ИМС-160. Эта муфта удовлетворяет и всем остальным требованиям. Поэтому выбираем муфту типа ИМС-160 на 1 500 об/мин.

Управление индукторными муфтами скольжения. Управление ИМС заключается в регулировании тока возбуждения.

При постоянной скорости приводного двигателя изменением тока возбуждения муфты от $I_{\text{вн}}$ до 0 можно обеспечить скольжение плавное регулирование скорости механизма в диапазоне от номинальной скорости выходного вала муфты до нуля.

Номинальная скорость выходного вала равна $n_2 = n_1(1 - s)$, где n_2 — скорость выходного вала муфты; n_1 — скорость вращения двигателя; s — скольжение.

При переменной или неустойчивой скорости вращения приводного двигателя (например, двигателя внутреннего сгорания) и связанного с ним входного вала муфты регулированием тока возбуждения муфты можно обеспечить стабилизацию скорости вращения выходного вала муфты.

Управлять ИМС можно вручную с места установки электропривода, дистанционно или автоматически. Для управления широко применяются вариаторы напряжения типа РНО-250.

На рис. 10 приведена структурная, а на рис. 11 — элементная схемы управления ИМС при помощи вариатора напряжения. Обмотка возбуждения индукторной муфты ОВ ИМС питается от сети 220 в переменного тока через вариатор напряжения ВН и селеновый или кремниевый выпрямитель В.

При местном управлении для изменения тока возбуждения рукоятку вариатора поворачивают вручную. При дистанционном или автоматическом управлении ось вариатора соединяют с валом исполнительного механизма, управление которым осуществляется либо дистанционно вручную, либо автоматически.

Регулированием напряжения на выходе вариатора изменяем выпрямленный ток возбуждения в обмотке и,

следовательно, скорость вращения выходного вала муфты.

Питание к вариатору напряжения BH подается через автомат Av .

В качестве исполнительного механизма IM принят регулятор типа ПР-1.

Для контроля скорости вращения предусмотрен вольтметр V . Сопротивление R_1 в цепи тахогенератора

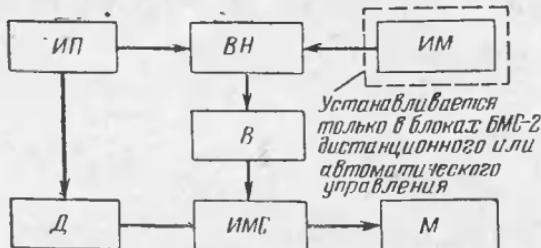


Рис. 10. Структурная схема управления индукторной муфтой скольжения посредством вариатора напряжения.

ИП — источник питания (~ 220 в); BH — вариатор напряжения; IM — исполнительный механизм; В — выпрямитель; Д — двигатель; ИМС — индукторная муфта скольжения; М — механизм.

служит для настройки вольтметра V на наиболее удобную шкалу измерения в зависимости от диапазона регулирования скорости вращения механизма.

Для увеличения врачающего момента или скорости привода кнопкой KB включается обмотка исполнительного механизма, поворачивающая исполнительный механизм и связанный с ним вариатор напряжения в сторону увеличения напряжения.

Для уменьшения врачающего момента или скорости муфты кнопкой KM включают другую обмотку исполнительного механизма, поворачивающую исполнительный механизм и вариатор напряжения в обратную сторону, уменьшая напряжение на обмотке возбуждения. При автоматическом управлении напряжение в обмотку исполнительного механизма поступает непосредственно из схемы автоматического управления. При появлении рас согласования системы, т. е. при отклонении контролируемой величины от заданного значения, система автоматического регулирования включает исполнительный механизм, который посредством вариатора напряжения

воздействует на возбуждение муфты в направлении уменьшения имеющегося рассогласования.

Описанная схема очень проста и может быть сочленена с любой системой автоматического регулирования.

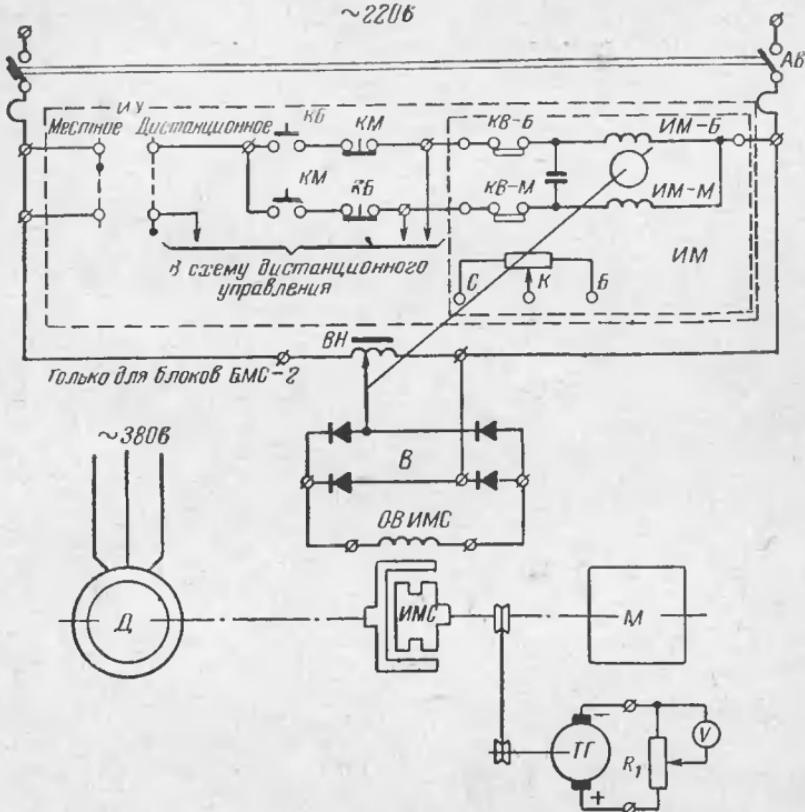


Рис. 11. Элементная схема дистанционного управления ИМС посредством вариатора напряжения.

Ав — автомат; *ИУ* — ключ избирания места управления; *КБ*, *КМ* — кнопки управления исполнительным механизмом; *КВ-Б*, *КВ-М* — конечные выключатели, встроенные в исполнительный механизм; *ИМ-Б*, *ИМ-М* — обмотки управления исполнительным механизмом; *ВН* — вариатор напряжения; *В* — выпрямитель; *ОВ ИМС* — обмотка возбуждения индукторной муфты скольжения; *Д* — двигатель; *ИМС* — индукторная муфта скольжения; *М* — механизм; *ТГ* — тахогенератор.

Такая возможность особенно ценна, так как она позволяет использовать эту схему для управления муфтой в существующих устройствах как непрерывного, так и двухпозиционного регулирования, предназначенных для управления исполнительным механизмом и не имеющих возможности непосредственно воздействовать на воз-

буждение муфты. Более совершенной является схема, в которой регулятор непосредственно воздействует на обмотку возбуждения индукторной муфты.

На рис. 12 приведена структурная схема системы автоматического управления ИМС при помощи магнитных усилителей для автоматического поддержания постоян-

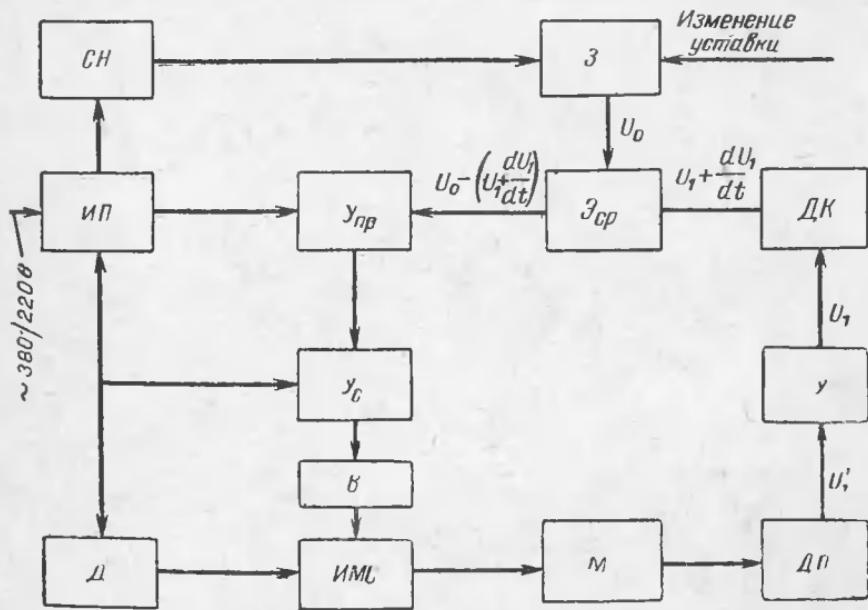


Рис. 12. Структурная схема системы автоматического управления индукторной муфтой скольжения при помощи магнитных усилителей. ИП — источник питания; Д — двигатель; ИМС — индукторная муфта скольжения; М — механизм; ДП — датчик (скорости, давления, расхода); U_c — силовой усилитель; У — усилитель сигнала датчика; В — выпрямитель; З — задатчик; Эср — элемент сравнения; ДК — дифференцирующий контур.

ства технологического параметра (например, производительности насоса или вентилятора, давления в контрольной точке водопроводной сети и других параметров, зависящих от скорости вращения механизма).

Двигатель привода питается от сети переменного тока 380/220 в. Обмотка возбуждения индукторной муфты питается от общего с приводным двигателем Д источника питания ИП через силовой усилитель с последующим выпрямлением при помощи выпрямителя.

Для обеспечения минимального отклонения параметра от заданной величины в схеме управления предусмотрена отрицательная обратная связь по отклонению па-

раметра и первой производной. Требующаяся величина поддерживаемого параметра задается посредством изменения уставки задатчика З, получающего питание от стабилизатора напряжения СН, и поступает на элемент сравнения $\mathcal{E}_{\text{ср}}$. На элемент сравнения поступает также

сигнал отрицательной обратной связи $(U_1 + \frac{dU_1}{dt})$ с датчика ДП регулируемого параметра через дифференцирующий контур ДК. При необходимости сигнал датчика усиливается. Величина рассогласования $U_0 - (U_1 + \frac{dU_1}{dt})$ определяет ток на выходе промежуточного усилителя $Y_{\text{пр}}$ и силового усилителя Y_c , а следовательно, и ток возбуждения муфты, от которого зависят скорость вращения механизма и величина параметра.

На основе рассмотренной выше структурной схемы автоматического управления индукторной муфтой скольжения для автоматического поддержания постоянства технологического параметра разработаны конкретные элементы схемы, решающие следующие задачи:

автоматическую стабилизацию скорости с обратной связью от тахогенератора;

автоматическую стабилизацию скорости с обратной связью от тахогенератора и узлом отсечки по моменту;

автоматическую стабилизацию давления или расхода насосных агрегатов или вентиляторов с обратной связью от датчиков давления или расхода.

Схема с обратной связью от тахогенератора для стабилизации скорости (рис. 13). Схема позволяет получить семейство достаточно жестких механических характеристик привода с ИМС (рис. 14). Кроме того, блоки с такой схемой можно использовать для стабилизации расхода насосных агрегатов в предположении, что скорость вращения насоса пропорциональна расходу. Поддержание постоянства скорости вращения выходного вала ИМС осуществляется путем соответствующего изменения тока возбуждения ИМС. Обмотка возбуждения ИМС подключена к выходу силового магнитного усилителя Y_M , включенного по схеме самонасыщения. Самонасыщение усилителей осуществляется введением внутренней положительной обратной связи с помощью вентиляй $1B1$, $1B2$ и $1B3$, которые одновременно позволяют получить на выходе усилителя постоянный ток, необходимый для питания обмотки возбуждения ИМС. На

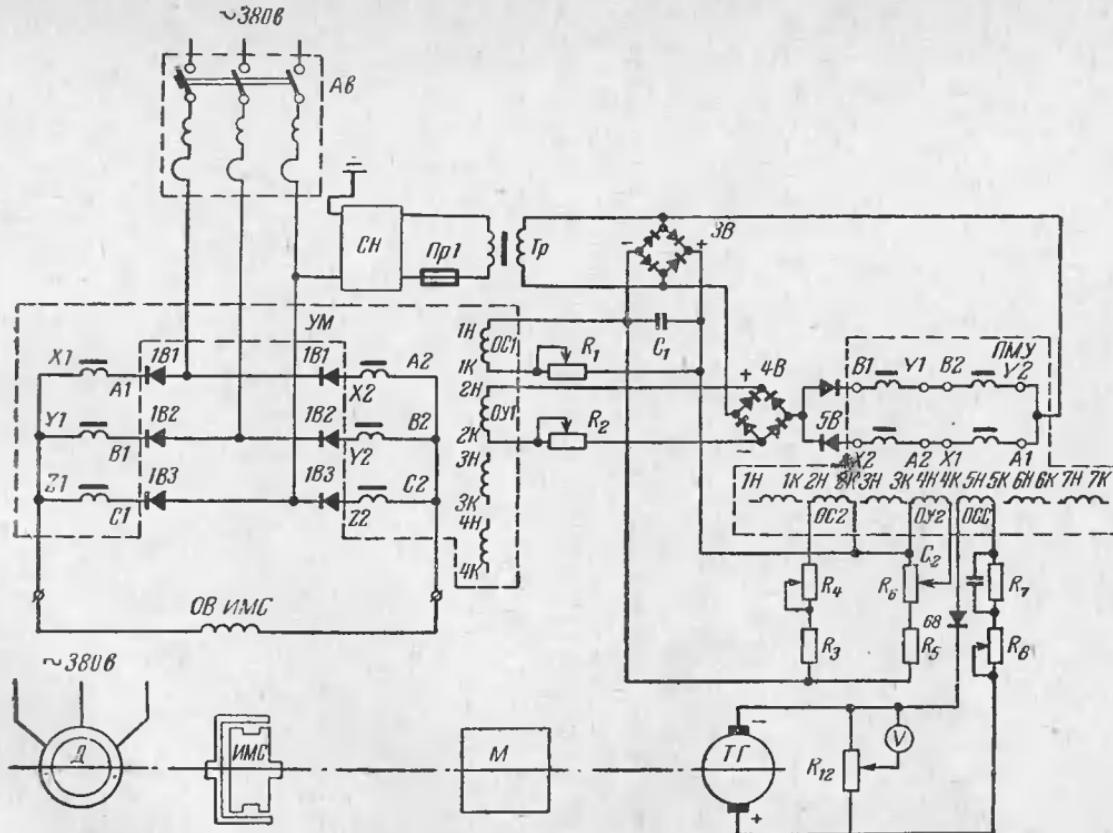


Рис. 13. Элементная схема автоматического управления индукторной муфтой скольжения с обратной связью от тахогенератора для стабилизации скорости.

обмотку смещения OC_1 силового усилителя подается от выпрямителя $3B$ ток смещения, величина которого устанавливается регулируемым сопротивлением R_1 . На обмотку управления OY_1 через балластное сопротивление R_2 подается ток управления от промежуточного магнитного усилителя PMU , который совместно с силовым усилителем позволяет получить необходимый коэффициент усиления по мощности и, кроме того, осуществить сравнение сигнала уставки с сигналом обратной связи.

Таким образом, указанный в структурной схеме узел сравнения как самостоятельный аппарат в элементной схеме не существует. На обмотку смещения OC_2 промежуточного усилителя от выпрямителя $3B$ через сопротивления R_3 и R_4 подается напряжение смещения. На задающую обмотку OY_2 того же усилителя от потенциометра-задатчика R_6 подается стабилизированное напряжение — уставка. На обмотку отрицательной обратной связи OOC подается сигнал с датчика скорости — тахогенератора TG .

Разность ампер-витков задающей обмотки и обмотки отрицательной обратной связи определяет выходной ток промежуточного магнитного усилителя, т. е. ток в обмотке ИМС.

Для повышения качества регулирования и устойчивости в системе автоматического поддержания постоянства скорости применен дифференцирующий контур в цепи обратной связи, образованный сопротивлением R_7 и конденсатором C_2 , а также сопротивлением OOC промежуточного магнитного усилителя.

Схема с обратной связью от тахогенератора для стабилизации скорости и узлом отсечки по моменту (рис. 15). Рассматриваемая схема по сравнению с предыдущей дополнена узлом отсечки по максимальной величине передаваемого момента.

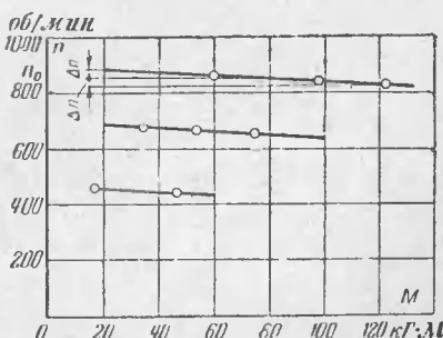


Рис. 14. Искусственные механические характеристики индукторной муфты скольжения при замкнутой автоматической системе поддержания заданной скорости.

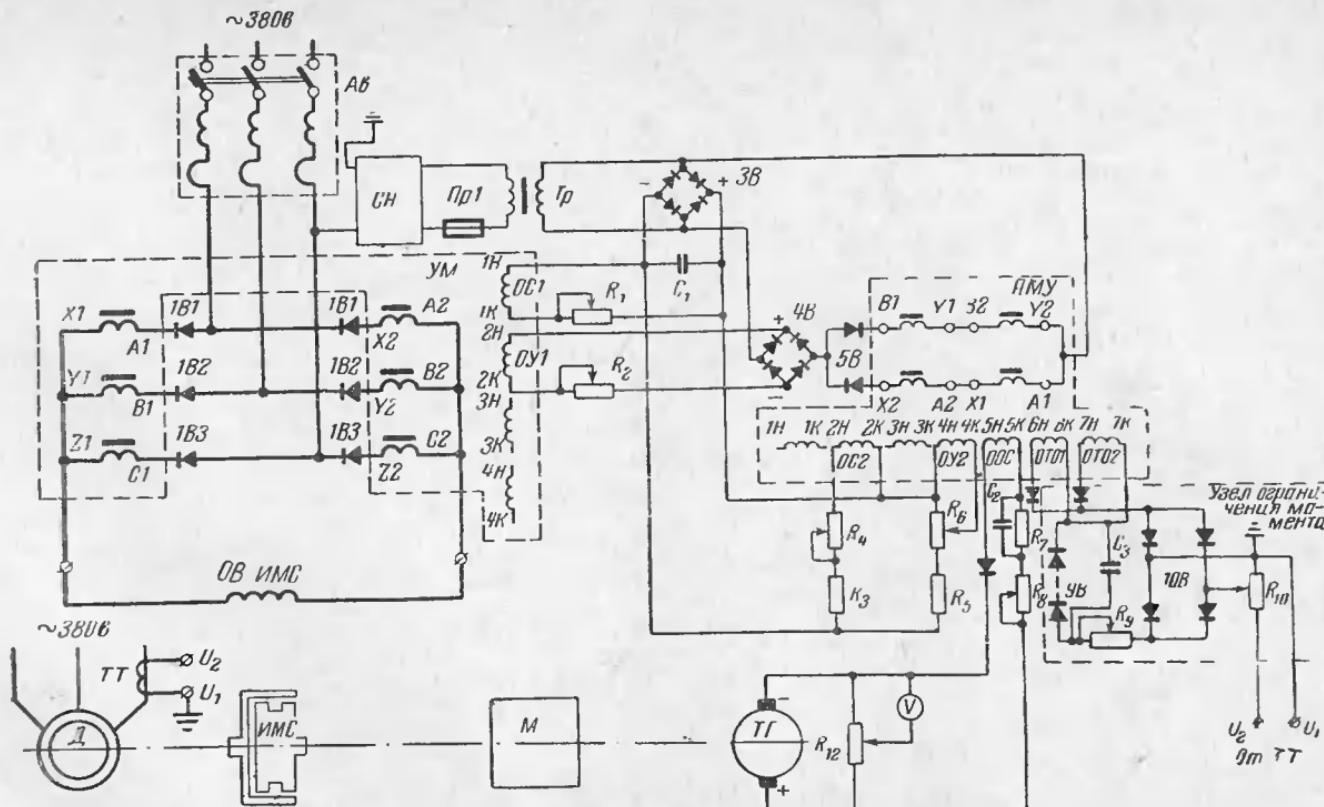


Рис. 15. Элементная схема автоматического управления индукторной муфтой скольжения с обратной связью от тахогенератора и узлом отсечки по моменту.

Для ограничения величины крутящего момента привода в схему введена цепочка, состоящая из трансформатора тока TT , сопротивления R_{10} , выпрямителя $10B$, фильтра, состоящего из R_9 и C_3 , выпрямителей $7B$, $8B$ и $9B$ и обмоток $OT01$ и $OT02$ промежуточного магнитного усилителя.

Для асинхронных двигателей ток в пределах $(0,5 \div 1,5)I_n$ практически пропорционален величине момента двигателя.

Первой задачей устройства автоматического поддержания постоянства скорости является стабилизация заданной скорости механизма. В случае если скорость по какой-либо причине отклоняется от заданной в сторону увеличения (уменьшения), начинает соответственно возрастать (уменьшаться) ток в обмотке отрицательной обратной связи промежуточного магнитного усилителя ПМУ. Это приведет к уменьшению (увеличению) тока на выходе промежуточного, а следовательно, и силового магнитного усилителя, т. е. в обмотке возбуждения ИМС, что повлечет уменьшение (увеличение) скорости механизма до заданной величины.

Второй задачей блока управления ИМС является ограничение величины момента, передаваемого от двигателя на механизм. В цепи трансформатора тока TT включены обмотки $OT01$ и $OT02$ промежуточного магнитного усилителя, которые включены встречно обмотке управления $OY2$ и вызывают снижение в конечном счете тока в обмотке управления ИМС.

Обмотки $OT01$ и $OT02$ включены параллельно через разделительные вентили $7B$ и $8B$. Последовательно с обмотками $OT01$ и $OT02$ включены вентили $9B$. В схеме использована нелинейная величина сопротивлений этих вентилей в проводящем направлении. Для каждого вентиля типа $D201$ падение напряжения в проводящем направлении равно $0,5 \div 1,0$ в. Набором нужного числа вентилей регулируется величина напряжения, при котором в обмотках $OT01$ и $OT02$ начинает проходить ток.

Схема с обратной связью от датчиков давления или расхода для стабилизации давления или расхода насосных агрегатов (рис. 16). Поддержание постоянства давления или расхода осуществляется за счет изменения скорости вращения насоса. Изменение скорости вращения насоса осуществляется путем соответствующего изменения тока в обмотке возбуждения муфты ОВ ИМС.

В отличие от рассмотренных выше схем на обмотку отрицательной обратной связи *OОС* подается усиленный по мощности сигнал датчика давления или расхода. Разность н. с. задающей обмотки и обмотки отрицательной обратной связи определяет выходной ток промежуточного магнитного усилителя, т. е. ток в обмотке возбуждения ИМС, а следовательно, скорость выходного вала муфты и давление или расход на напорном трубопроводе.

Сигнал обратной связи с датчика давления или расхода поступает на обмотку отрицательной обратной связи через усилитель *ПУ*. В качестве усилителя *ПУ* используется магнитный усилитель в режиме самонасыщения, который осуществляется вентилями *7В* с выходом на постоянном токе (выпрямитель *6В*).

Для повышения качества регулирования и устойчивости в системе автоматического поддержания постоянства давления или расхода применен дифференцирующий контур в цепи обратной связи, образованный со-

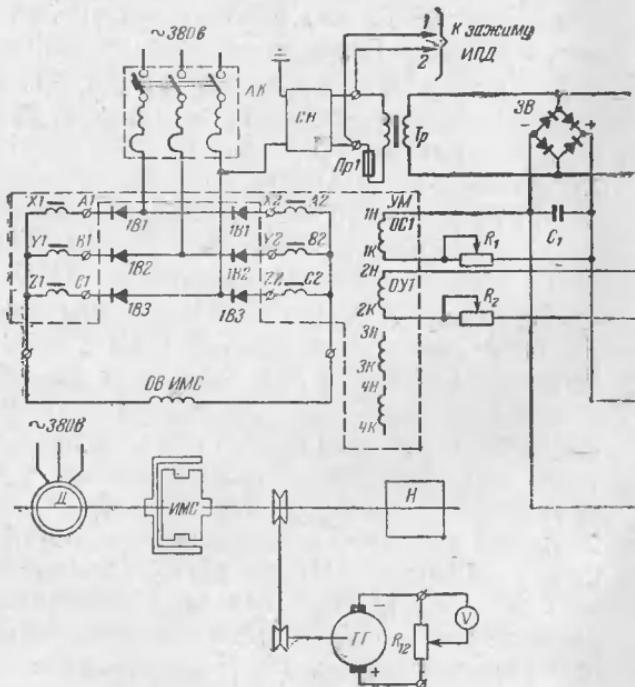


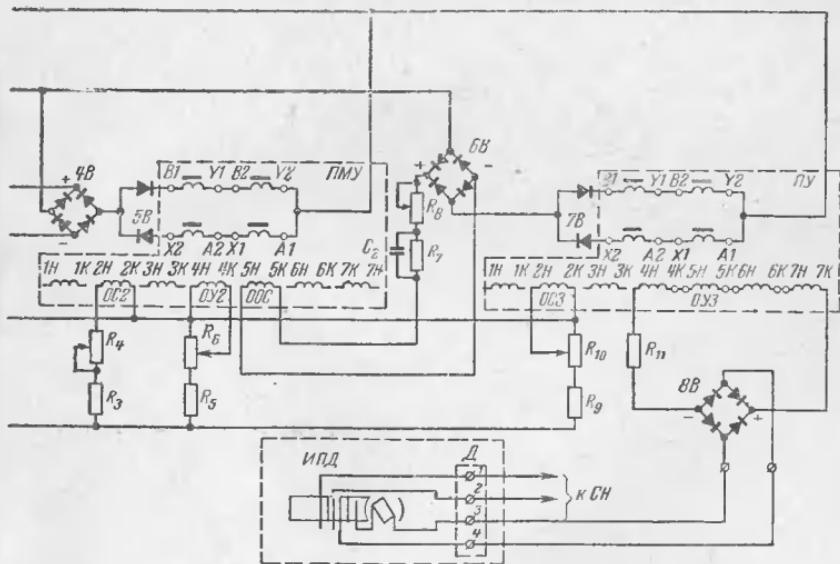
Рис. 16. Элементная схема автоматического датчиков давления или расхода для *Н* — насос; *ИПД* — индукционная

противлением R_7 , конденсатором C_2 и сопротивлением обмотки OOC промежуточного магнитного усилителя.

Устройство автоматического поддержания постоянства давления или расхода работает следующим образом. В случае если давление или расход отклоняется от заданной величины в сторону увеличения (уменьшения), в зависимости от знака отклонения поддерживаемого параметра начинает соответственно возрастать (уменьшаться) ток в обмотке отрицательной обратной связи усилителя PMU . Это приводит соответственно к уменьшению (увеличению) тока на выходе промежуточного, а следовательно, и силового магнитного усилителей, т. е. в обмотке возбуждения муфты, что как следствие приводит к уменьшению (увеличению) давления в напорном трубопроводе до заданной величины (без учета статизма системы регулирования).

Для защиты цепей устройства автоматического поддержания давления применен автомат $A\bar{v}$.

Промежуточный магнитный усилитель PMU , усилитель датчика давления PY и цепи управления получают питание через стабилизатор напряжения CH и пони-



управления индукторной муфтой скольжения с обратной связью от стабилизации давления или расхода насосных агрегатов. Приставка датчика. Остальные обозначения см. на рис. 11, 12.

тельный трансформатор Tr . Промежуточный магнитный усилитель и усилитель датчика давления питаются переменным напряжением, а цепи управления получают питание через выпрямительный мост $3B$.

Смонтированный по описанной схеме блок управления был применен для автоматического управления индукторной муфтой скольжения, установленной на насосном агрегате одной из насосных станций подкачки Мосводопровода с целью стабилизации давления в контрольной точке сети.

Как видно из рис. 17, расход воды в водопроводной сети в контролируемый период времени изменялся от 100 до 40%. При регулировании скорости вращения на-

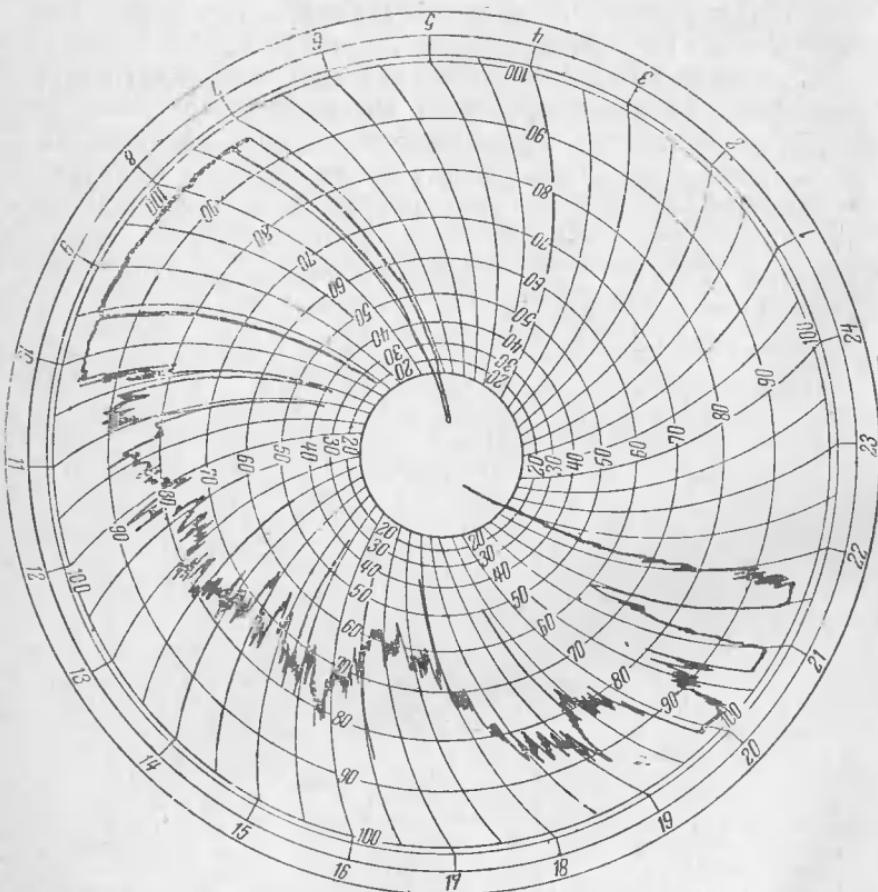


Рис. 17. Суточный график расхода на насосной станции подкачки Мосводопровода.

соса при помощи ИМС, управляемой описанным выше блоком автоматического управления, давление в контрольной точке водопроводной сети изменялось незначительно, на 3,5—4% (рис. 18).

Полученные результаты показывают, что применение автоматического регулирования производительности насоса при помощи ИМС и блока автоматического управления обеспечивает лучший технологический режим работы насосной станции и экономию электроэнергии по сравнению с применявшимся до этого регулированием давления при помощи задвижек.

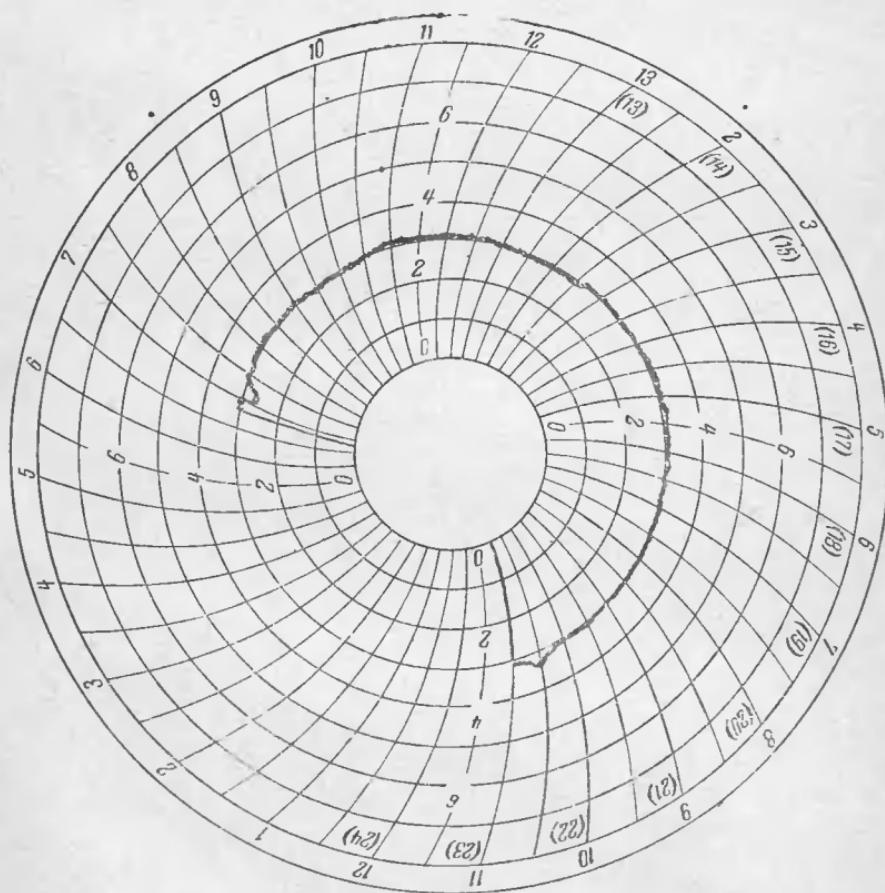


Рис. 18. График давлений на напорном трубопроводе насосной станции подкачки Мосводопровода при автоматическом регулировании скорости насоса при помощи ИМС.

Таблица 5

Блоки управления индукторными муфтами скольжения

Тип блока	Тип управляемой муфты	Назначение и способ регулирования	Выходные параметры			№ рисунка	
			Мощность, квт	Напряжение, в	Ток, а	структурная схема	элементная схема
БМС-11*	ИМС-4, ИМС-7,5 ИМС-13		0,5	До 250	1,5		
БМС-12*	ИМС-22, ИМС-40, ИМС-75, ИМС-100, ИМС-160	Местное управление посредством вариатора напряжения	2,0	До 250	6		
БМС-21*	ИМС-4 ИМС-7,5, ИМС-13		0,5	До 250	1,5	10	11
БМС-21А**		Управление дистанционное ручное или автоматическое посредством вариатора напряжения					
БМС-22*	ИМС-22, ИМС-40, ИМС-75, ИМС-100, ИМС-160		2,0	До 250	6		
БМС-22А**							

БМС-31*	ИМС-4 ИМС-7,5 ИМС-13	Автоматическая стабилизация скорости посредством магнитных усилителей с обратной связью от тахогенератора	0,27	330	0,82		
БМС-31A**			0,525	348	1,51	12	13
БМС-32*							
БМС-32A**	ИМС-22						
БМС-33*	ИМС-40, ИМС-75, ИМС-100, ИМС-160	Автоматическая стабилизация скорости и отсечка по моменту посредством магнитных усилителей с обратной связью от тахогенератора	1,215	360	3,38		
БМС-33A**							
БМС-41*	ИМС-4 ИМС-7,5 ИМС-13		0,27	330	0,82		
БМС-41A**							
БМС-42*		Автоматическая стабилизация скорости и отсечка по моменту посредством магнитных усилителей с обратной связью от тахогенератора	0,525	348	1,51	12	15
БМС-42A**	ИМС-22						
БМС-43*	ИМС-40, ИМС-75, ИМС-100, ИМС-160						
БМС-43A*							

Тип блока	Тип управляемой муфты	Назначение и способ регулирования	Выходные параметры			№ рисунка	
			Мощность, квт	Напряжение, в	Ток, а	структурная схема	элементная схема
БМС-51*	ИМС-4, ИМС-7,5 ИМС-13		0,27	330	0,82		
БМС-51А**							
БМС-52*	ИМС-22	Автоматическое поддержание постоянства технологического параметра посредством магнитных усилителей с обратной связью от датчика регулируемого параметра	0,525	348	1,51	12	16
БМС-52А**							
БМС-53* БМС-53А**	ИМС-40, ИМС-75, ИМС-100, ИМС-160		1,215	360	3,38		

Приложение. Размеры блоков управления: БМС-1 и БМС-2 — высота 600, ширина 450 и глубина 467 мм; БМС-3, БМС-4 и БМС-5 — высота 1000, ширина 600 и глубина 467 мм. Оборудование блоков приведено в приложении 1.

* Конструктивное исполнение в навесном шкафу.

** Конструктивное исполнение на асбокементной плате.

Таблица 6

Шкафы управления приводами с индукторными муфтами скольжения

Тип шкафа	Внутри шкафа установлены блоки управления	
	двигателем типа	муфтой типа
ШУПС-13А21	БУ5144-13В2А	БМС-21А
ШУПС-13А31	БУ5144-13В2А	БМС-31А
ШУПС-13А41	БУ5144-13В2А	БМС-41А
ШУПС-13А51	БУ5144-13В2А	БМС-51А
ШУПС-13Б21	БУ5144-13В2Б	БМС-21А
ШУПС-13Б31	БУ5144-13В2Б	БМС-31А
ШУПС-13Б41	БУ5144-13В2Б	БМС-41А
ШУПС-13Б51	БУ5144-13В2Б	БМС-51А
ШУПС-13В21	БУ5144-13В2В	БМС-21А
ШУПС-13В31	БУ5144-13В2В	БМС-31А
ШУПС-13В41	БУ5144-13В2В	БМС-41А
ШУПС-13В51	БУ5144-13В2В	БМС-51А
ШУПС-13Г21	БУ5144-13В2Г	БМС-21А
ШУПС-13Г31	БУ5144-13В2Г	БМС-31А
ШУПС-13Г41	БУ5144-13В2Г	БМС-41А
ШУПС-13Г51	БУ5144-13В2Г	БМС-51А
ШУПС-23В21	БУ5144-23В2В	БМС-21А
ШУПС-23В31	БУ5144-23В2В	БМС-31А
ШУПС-23В41	БУ5144-23В2В	БМС-41А
ШУПС-23В51	БУ5144-23В2В	БМС-51А
ШУПС-23В22	БУ5144-23В2В	БМС-22А
ШУПС-23В32	БУ5144-23В2В	БМС-32А
ШУПС-23В42	БУ5144-23В2В	БМС-42А
ШУПС-23В52	БУ5144-23В2В	БМС-52А
ШУПС-23Д22	БУ5144-23В2Д	БМС-22А
ШУПС-23Д32	БУ5144-23В2Д	БМС-32А
ШУПС-23Д42	БУ5144-23В2Д	БМС-42А
ШУПС-23Д52	БУ5144-23В2Д	БМС-52А
ШУПС-23И21	БУ5144-23В2И	БМС-21А
ШУПС-23И31	БУ5144-23В2И	БМС-31А
ШУПС-23И41	БУ5144-23В2И	БМС-41А
ШУПС-23И51	БУ5144-23В2И	БМС-51А
ШУПС-23И22	БУ5144-23В2И	БМС-22А
ШУПС-23И32	БУ5144-23В2И	БМС-32А
ШУПС-23И33	БУ5144-23В2И	БМС-33А
ШУПС-23И42	БУ5144-23В2И	БМС-42А
ШУПС-23И43	БУ5144-23В2И	БМС-43А
ШУПС-23И52	БУ5144-23В2И	БМС-52А
ШУПС-23И53	БУ5144-23В2И	БМС-53А
ШУПС-33А22	БУ5144-33В2А	БМС-22А
ШУПС-33А33	БУ5144-33В2А	БМС-33А
ШУПС-33А43	БУ5144-33В2А	БМС-43А
ШУПС-33А53	БУ5144-33В2А	БМС-53А
ШУПС-33В22	БУ5144-33В2В	БМС-22А
ШУПС-33В32	БУ5144-33В2В	БМС-32А
ШУПС-33В42	БУ5144-33В2В	БМС-42А

Продолжение табл. 6

Тип шкафа	Внутри шкафа установлены блоки управления	
	двигателем типа	муфтой типа
ШУПС-33В52	БУ5144-33В2В	БМС-52А
ШУПС-33В33	БУ5144-33В2В	БМС-33А
ШУПС-33В43	БУ5144-33В2В	БМС-43А
ШУПС-33В53	БУ5144-33В2В	БМС-53А
ШУПС-43А22	БУ5141-43В2А	БМС-22А
ШУПС-43А33	БУ5141-43В2А	БМС-33А
ШУПС-43А43	БУ5141-43В2А	БМС-43А
ШУПС-43А53	БУ5141-43В2А	БМС-53А
ШУПС-43Б22	БУ5141-43В2Б	БМС-22А
ШУПС-43Б33	БУ5141-43В2Б	БМС-33А
ШУПС-43Б43	БУ5141-43В2Б	БМС-43А
ШУПС-43Б53	БУ5141-43В2Б	БМС-53А
ШУПС-53А22	БУ5141-53В2А	БМС-22А
ШУПС-53А33	БУ5141-53В2А	БМС-33А
ШУПС-53А43	БУ5141-53В2А	БМС-43А
ШУПС-53А53	БУ5141-53В2А	БМС-53А
ШУПС-53Г22	БУ5141-53В2Г	БМС-22А
ШУПС-53Г33	БУ5141-53В2Г	БМС-33А
ШУПС-53Г43	БУ5141-53В2Г	БМС-43А
ШУПС-53Г53	БУ5141-53В2Г	БМС-53А

Блоки управления муфтами скольжения типа БМС классифицируются по способу регулирования, регулируемому параметру, мощности и конструктивному исполнению блоков. В соответствии с этим обозначение блока, например БМС 32А, расшифровывается следующим образом: Б — блок; М — муфта; С — скольжение. Первая цифра в наименовании блока (в нашем примере 3) обозначает схему управления ИМС в зависимости от способа управления, а именно:

1 — схема местного управления индукторной муфтой скольжения при питании обмотки возбуждения от вариатора напряжения с ручным воздействием на него;

2 — схема дистанционного или автоматического управления индукторной муфтой скольжения при питании обмотки возбуждения от вариатора напряжения с приводом от исполнительного механизма;

3 — схема управления индукторной муфтой скольжения для автоматической стабилизации скорости посредством магнитных усилителей с обратной связью от тахогенератора;

4 — схема управления индукторной муфтой скольжения для автоматической стабилизации скорости и отсеч-

Таблица 7

Сводная таблица электроприводов с индукторными муфтами скольжения и соответствующими им комплектными устройствами управления для механизмов с вентиляторным моментом

Типы		Номинальные параметры привода		Типы блоков управления	
двигателя	муфты	Мощность, кВт	Скорость вращения выходного вала, об/мин	для управления только муфтой	для управления приводом в целом
АО2-42-6	ИМС-4	4	880	БМС-11	ШУПС-13А21
АО2-42-4		5,5	1 370		ШУПС-13А31 ШУПС-13А41 ШУПС-13А51
АО2-42-2		13	2 800		ШУПС-13B21 ШУПС-13B31 ШУПС-13B41 ШУПС-13B51
АО2-52-6	ИМС-7,5	7,5	880	БМС-21 БМС-31 БМС-41 БМС-51	ШУПС-13Б21 ШУПС-13Б31 ШУПС-13Б41 ШУПС-13Б51
АО2-52-4		10	1 370		
АО2-52-2		22	2 800		ШУПС-23B21 ШУПС-23B31 ШУПС-23B41 ШУПС-23B51
АО2-62-6	ИМС-13	13	880	БМС-11	ШУПС-13B21 ШУПС-13B31 ШУПС-13B41 ШУПС-13B51
АО2-62-4		17	1 370		ШУПС-13Г21 ШУПС-13Г31 ШУПС-13Г41 ШУПС-13Г51
АО-62-2		40	2 800		ШУПС-23И21 ШУПС-23И31 ШУПС-23И41 ШУПС-23И51

Продолжение табл. 7

Типы		Номинальные параметры привода		Типы блоков управления	
двигателя	муфты	Мощность, кВт	Скорость вращения выходного вала, об/мин	для управления только муфтой	для управления приводом в целом
АО2-72-6	ИМС-22	22	930	БМС-12 БМС-22 БМС-32 БМС-42 БМС-52	ШУПС-23В22 ШУПС-23В32 ШУПС-23В42 ШУПС-23В52
АО2-72-4		30	1 420		ШУПС-23Д22 ШУПС-23Д32 ШУПС-23Д42 ШУПС-23Д52
АО2-72-2		75	2 880		ШУПС-33В22 ШУПС-33В32 ШУПС-33В42 ШУПС-33В52
АО2-82-6		40	930		ШУПС-23И22 ШУПС-23И33 ШУПС-23И43 ШУПС-23И53
АО2-82-4	ИМС-40	55	1 420		ШУПС-33А22 ШУПС-33А33 ШУПС-33А43 ШУПС-33А53
АО2-92-6		75	930		ШУПС-33В22 ШУПС-33В33 ШУПС-33В43 ШУПС-33В53
АО2-92-4	ИМС-75	100	1 420	БМС-12 БМС-22 БМС-32 БМС-43 БМС-53	ШУПС-43А22 ШУПС-43А33 ШУПС-43А43 ШУПС-43А53
АО-101-6		100	930		
АО-101-4	ИМС-100	125	1 420		ШУПС-43Б22 ШУПС-43Б33 ШУПС-43Б43 ШУПС-43Б53

Типы		Номинальные параметры привода		Типы блоков управления	
двигателя	муфты	Мощность, кВт	Скорость вращения выходного вала, об/мин	для управления только муфтой	для управления приводом в целом
АО-102-4	ИМС-100	160	1 400	БМС-12 БМС-22 БМС-33 БМС-43 БМС-53	ШУПС-53А22 ШУПС-53А33 ШУПС-53А43 ШУПС-53А53
АО-103-6		160	930		
АО-104-4	ИМС-160	250	1 420		ШУПС-53Г22 ШУПС-53Г33 ШУПС-53Г43 ШУПС-53Г53

кой по моменту посредством магнитных усилителей с обратной связью от тахогенератора;

5 — схема управления индукторной муфтой скольжения для автоматического поддержания постоянства технологического параметра (расхода, давления и т. п.) посредством магнитных усилителей с обратной связью от датчика регулируемого параметра (манометра, расходомера и т. п.).

Вторая цифра в наименовании блока (в нашем примере 2) обозначает группу блока по его выходной мощности. По выходной мощности блоки управления делятся на три группы. К первой группе относятся блоки, предназначенные для питания обмоток возбуждения индукторных муфт скольжения от 4 до 13 кГ·м включительно. Блоки второй группы предназначаются для питания обмоток возбуждения индукторных муфт скольжения с моментом 22 кГ·м, а блоки третьей группы — для индукторных муфт скольжения от 40 до 160 кГ·м.

В нашем примере цифра 2 обозначает второй габарит блока по мощности, т. е. для муфты ИМС-22.

Блоки управления монтируются либо в навесных шкафах для автономного монтажа их, либо на асбестоцементной плите для установки их на общих щитах станций управления (в обозначении добавляется буква А). Технические данные блоков приведены в табл. 5, 6, 7.

2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКТОРНЫХ МУФТ СКОЛЬЖЕНИЯ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Сравнение технико-экономических показателей приводов с ИМС и других типов регулируемых электроприводов. Применение регулируемого привода вместо нерегулируемого оправдано в том случае, если дополнительные капитальные затраты на его сооружение и ежегодные эксплуатационные расходы окупаются дополнительными выгодами, получаемыми при регулировании скорости механизма или машины в технологической части от увеличения производительности, улучшения качества продукции, экономии электроэнергии и т. п.

В настоящее время на базе оборудования и аппаратуры, выпускаемых отечественной промышленностью, может быть выполнено большое число разных приводов, в одинаковой степени обеспечивающих регулирование скорости механизма и окупаемых достигаемой при этом экономией в технологической части. Поэтому для выбора рационального электропривода для данного типа механизма недостаточно выбрать привод, обеспечивающий техническую возможность регулирования в необходимом диапазоне скоростей и соответствующую экономию в технологической части, так как это требование одинаково выполняется многими приводами. Правильное решение этого вопроса возможно только в результате сравнения дополнительных технических и экономических показателей различных приводов.

При оценке технических показателей привода в первую очередь должны учитываться надежность установки, простота и наглядность устройства привода и происходящих в нем процессов, простота и удобство обслуживания. Рассмотрим эти показатели. Очевидно, что из рассматриваемых приводов более надежным можно считать тот, у которого по накопленным эксплуатационным данным всякого рода повреждения происходят реже и для которого обязательные планово-предупредительные ремонты должны производиться в более длинные сроки. Простоту привода можно оценить количеством входящих в схему элементов (машин, аппаратов, соединений) и способностью персонала, обслуживающего установку, уяснить себе происходящие в приводе про-

цессы без специальной электротехнической подготовки, что позволит ему при необходимости установить, а в некоторых случаях и ликвидировать возникшее повреждение.

В отношении удобства обслуживания преимущество несомненно будет за тем приводом, который не требует постоянного наблюдения, внешний осмотр которого может производиться с большими промежутками времени и для ухода за которым требуется меньше времени.

Примером для сопоставления двух приводов по их техническим свойствам могут быть электроприводы с ИМС и гидравлическими муфтами Харьковского завода кондиционеров.

Как известно, в ИМС регулирование осуществляется путем изменения тока возбуждения. В гидравлических муфтах оно осуществляется за счет изменения количества масла в полости муфты. Накачка масла при увеличении скорости и откачка его при уменьшении ее осуществляются вспомогательным насосом.

При примерно одинаковых первоначальной стоимости (небольшая разница в пользу ИМС) и энергетических показателях предпочтение все же должно быть дано ИМС по следующим техническим и эксплуатационным соображениям:

1. Глубина регулирования скорости привода с гидравлическими муфтами ограничена диапазоном 1 : 2. При более глубоком регулировании благодаря мягким механическим характеристикам не обеспечивается устойчивая работа гидромуфт. При глубоком регулировании масло чрезмерно перегревается, в результате чего оно разлагается и портится. В приводах с ИМС глубина регулирования не ограничивается.

2. Управление гидромуфтой по сравнению с управлением электроприводами значительно сложнее. Включение двигателя привода разрешается только в том случае, если до остановки привода масло из гидромуфты было откачано. Для обеспечения этого условия требуется установка дополнительной аппаратуры. Схема управления усложняется дополнительными блокировками. Индукторные муфты не требуют никаких дополнительных операций для своего включения.

3. Управление гидравлическими муфтами затруднено недостаточным быстродействием (время заполнения муфты маслом при включении и откачки при отключе-

ний составляет 2—4 мин). Быстродействие индукторных муфт составляет 1,5—2 сек.

4. Характеристики гидромуфты непостоянны, так как они зависят от вязкости масла. Изменение их возможно также вследствие утечки масла. Как следствие гидромуфты не могут работать при низкой температуре окружающей среды. Индукторные муфты скольжения таких ограничений не имеют.

5. Гидромуфта не может работать в приводах реверсируемых механизмов, так как для возможности изменения направления вращения необходимо предварительно в колесах с прямыми лопатками заменить черпающую трубку, а при наклонных лопатках, кроме того, колеса. Индукторные муфты скольжения допускают реверсирование без каких-либо ограничений.

6. Эксплуатация гидравлических муфт сложна вследствие утечек масла через сальники, уплотнительные устройства и пр. Утечка масла приводит к самопроизвольному изменению скорости выходного вала гидромуфты в процессе работы. Для нормальной работы гидромуфт требуется постоянное внешнее наблюдение за работой их и частая (не реже чем ежемесячная) ревизия трубопроводов на плотность.

Индукторные муфты скольжения не требуют наблюдения за своей работой. Ревизию индукторных муфт обычно нужно производить не чаще 1 раза в год.

7. Гидромуфты имеют водяное охлаждение и требуют довольно значительного расхода воды. Индукторные муфты имеют воздушное охлаждение.

Сопоставление всех приведенных выше технических данных индукторных и гидравлических муфт позволяет сделать вывод о предпочтительности ИМС перед гидравлическими.

Из приводов, в равной степени удовлетворяющих предъявляемым к ним техническим требованиям и в одинаковой степени удобных в отношении эксплуатации, предпочтение должно быть отдано электроприводу, имеющему лучшие экономические показатели, рассмотренные ниже.

До последнего времени в работах многих авторов ошибочно указывается, что основными показателями экономичности привода являются к. п. д. и коэффициент мощности ($\cos\phi$). Ошибочность этого заключается в том, что к. п. д. и $\cos\phi$ не учитывают того, какие пер-

воначальные капитальные затраты требуются для достижения более высокого к. п. д. или соф, а также какие ежегодные амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт и эксплуатацию требуются для каждого из рассматриваемых электроприводов, без чего нельзя судить об экономичности привода.

Рассмотрим подробно вопрос о том, в какой мере к. п. д. отражает потери энергии в приводах в установках с разными механическими характеристиками. Под к. п. д. понимают отношение полезно используемой части энергии, передаваемой приводом механизму, ко всей энергии, поступающей в электропривод из сети.

В приводах механизмов с постоянным моментом, как следует из самой характеристики механизма, момент его при регулировании скорости остается постоянным. С уменьшением скорости на выходном валу муфты передаваемая механизму мощность, равная $P=Mn/975$, будет уменьшаться; поступающая к двигателю мощность будет постоянной независимо от скорости механизма. Разность между потребляемой двигателем мощностью и поступающей на вал механизма мощностью составляет потери в приводе. Как известно, потери пропорциональны скольжению. Так, при скорости вращения $n=0,3 n_{\text{ном}}$ потери энергии составят 70% номинальной мощности. Другая картина имеет место в электроприводах с вентиляторным моментом механизма. В таких приводах абсолютная величина потерь при глубоком регулировании мала.

Для механизмов с вентиляторным моментом, являющихся основной областью применения электроприводов с ИМС, рассматриваемых в настоящей брошюре, характерно следующее. С уменьшением скорости вращения механизма момент сопротивления уменьшается пропорционально второй степени, а поступающая от двигателя мощность уменьшается пропорционально третьей степени. Например, при скорости механизма $n=0,3 n_{\text{н}}$ момент сопротивления механизма будет $M_c=0,09 M_{c,n}$, а поступающая от двигателя мощность будет $P=-0,027 P_{\text{н}}$, т. е. 3% номинальной мощности механизма, а не 70%, как это имело место для механизмов с постоянным моментом.

Если судить по к. п. д., то энергетические показатели электропривода с ИМС, в которых регулирование осуществляется за счет потерь скольжения, при глубоком

регулировании будут очень низкими (при скорости $n = \frac{1}{4} n_n$ $\eta = 25\%$) и ни в какое сравнение не смогут идти с показателями электроприводов, имеющих более высокий к. п. д. Однако это впечатление о механизмах с вентиляторным моментом является внешним и не отражает сущности явления.

Очевидно, что для получения электропривода с более высоким к. п. д. требуются дополнительные капитальные затраты, а в связи с этим возрастают также амортизационные отчисления, пропорциональные капитальным затратам, и отчисления на текущий ремонт и эксплуатацию.

Перечисленные дополнительные затраты оправданы только в том случае, если стоимость электроэнергии, сэкономленной благодаря полученному более высокому к. п. д., будет выше дополнительных затрат.

В Тяжпромэлектропроекте было проведено технико-экономическое сравнение различных способов регулирования скорости механизмов с вентиляторным моментом.

Сравнивались приводы, составляющие следующие группы:

А. Электроприводы переменного тока, в которых при регулировании скорости вращения энергия скольжения не используется, а рассеивается в виде тепла. К этой группе относятся:

асинхронный электропривод с дросселями насыщения (АД—ДН);

асинхронный электропривод с ИМС (АД-ИМС).

Б. Электроприводы переменного тока с полезным использованием энергии скольжения. К этой группе относятся:

асинхронный вентильный каскад (АВК);

асинхронный машинно-вентильный каскад с неизменным напряжением на статоре (АМК);

асинхронный машинно-вентильный каскад с дросселями насыщения в цепи статора (АМКД);

двигатель Шраге — Рихтера.

В. Электроприводы постоянного тока с питанием от сети переменного тока и регулированием напряжения, подводимого к якорю. К этой группе относятся:

система «генератор — двигатель» (Г — Д);

управляемый ртутный выпрямитель — двигатель (УРВД);

управляемый кремниевый выпрямитель-двигатель (КУВ-Д);

дроссельный привод постоянного тока (МУ-В-Д).

Сравнение проводилось в соответствии с рекомендациями «Основных методических положений технико-экономических расчетов в энергетике».

Для каждого привода были определены первоначальные капиталовложения K , ежегодные амортизационные отчисления C_a и отчисления на текущий ремонт и эксплуатацию C_{tr} , зависимости значений к. п. д., $\cos\varphi$ и суммарных потерь в приводе ΔP от скорости вращения n . Первоначальные капиталовложения K были определены на основе действующих прейскурантов для продукции, освоенной промышленностью, и перспективных цен для изделий, производство которых только осваивается. Стоимость потерь электроэнергии C_w в приводе вычислена по действующему с 1 января 1966 г. для объединенной энергосистемы центра тарифу с приведением всех сравниваемых вариантов к одинаковому нормативному коэффициенту мощности.

Сравнения проводились по минимуму расчетных затрат:

$$Z = C + p_n K,$$

где Z — затраты;

$C = C_a + C_w + C_{tr}$ — суммарные ежегодные издержки;

p_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; для расчетов в области энергетики срок окупаемости капитальных затрат установлен в 8 лет; отсюда коэффициент $p_n = 0,125$.

На основе указанных выше расчетов были построены зависимости расчетных затрат Z от годового числа часов работы привода T для разных диапазонов регулирования скорости, а именно: 1:2, 1:3 и 1:5. В этих расчетах для к. п. д., $\cos\varphi$ и потерь энергии ΔP принимались средние значения для усредненного графика, по которому привод одинаковое время работает на всех скоростях заданного диапазона регулирования.

Результаты подсчетов показали, что для всех указанных диапазонов регулирования результаты технико-экономических сравнений одинаковы. На рис. 19 приведены зависимости расчетных затрат от годового числа

часов работы для различных приводов мощностью 50 квт для механизмов с вентиляторным моментом при глубине регулирования 1 : 2.

Сравнение приведенных стоимостных и качественных показателей показывает, что для механизмов с венти-

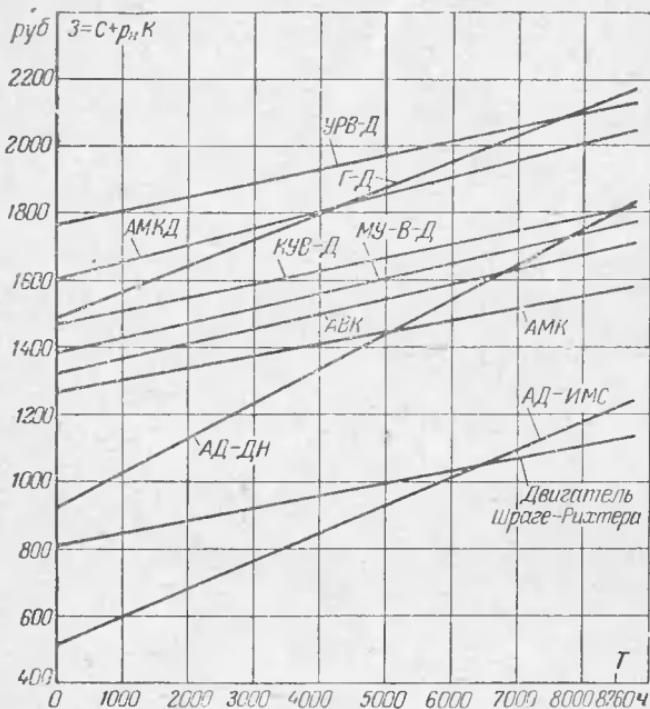


Рис. 19. Зависимость расчетных затрат от годового числа часов работы для сравниваемых приводов при диапазоне регулирования 1 : 2.

ляторным моментом мощностью 50 квт, как правило, целесообразно применять асинхронные двигатели с ИМС. Разница в расчетных затратах между приводом АД-ИМС и другими столь значительна, что сделанный выше вывод можно уверенно распространить и на приводы большей мощности (до 250 квт и выше).

При постоянном моменте сопротивления область экономического применения электропривода сужается и по мощности, и по годовому числу часов работы привода. При мощностях до 10 квт, либо при малой общей продолжительности работы их, либо при сравнительно малом числе часов работы на низких скоростях вращения

приводы с ИМС являются экономически наиболее целесообразными.

Области применения ИМС. Основной областью применения ИМС являются механизмы с вентиляторным моментом сопротивления (вентиляторы, дымососы, экскгаустеры, насосы и т. п.).

В СССР индукторные муфты скольжения успешно работают в течение ряда лет на вентиляционных установках систем кондиционирования воздуха, заводах искусственного волокна, насосах водопроводных станций, вентиляторах. По данным экспериментальных исследований применение ИМС для регулирования производительности вентиляторов дает экономию потребляемой мощности в размере 10—15% по сравнению с дросселированием и 2—6% по сравнению с регулированием производительности при помощи направляющих аппаратов.

Индукторные муфты скольжения применяются для регулирования производительности дутьевых вентиляторов марганцовских печей, в некоторых машинах продовольственного машиностроения (свеклорезах и др.), полиграфических машинах (буквоотливных машинах, ниткошвейных автоматах и др.), экскаваторах, земснарядах (приводах рыхлителей и папильонажа), конвейерах, буровых установках (привод подъемных лебедок, привод насоса, привод электрогенератора), в станкостроении (в металлорежущих и копировальных станках для поддержания постоянной скорости шлифования или резания при изменении диаметра обработки), в судостроении для связи первичного двигателя — дизеля с гребным валом, в приводах испытательных установок различных машин, механизмов, узлов машин и отдельных изделий и т. п.

Электромагнитные муфты скольжения (ИМС) применяются в приводах кранов для подъемного механизма и для механизма передвижения. Электромагнитная муфта скольжения, работающая в тормозном режиме, серийно изготавливается заводом «Динамо» имени С. М. Кирова для выпускаемых им приводов лебедки подъема строительных башенных кранов. Они применяются в сочетании в асинхронным двигателем с фазным ротором и обеспечивают малые скорости опускания деталей во время монтажа независимо от веса деталей, снижение динамических нагрузок в начальный период подъема

груза за счет выбора слабины каната с малой скоростью и переход с подъема на опускание без потери момента. В приводе кранов зарубежных фирм ЭМС в тормозном режиме используются для регулирования скорости, а асинхронно-синхронные ЭМС — в качестве муфты предельного момента.

В США, Англии, Франции и Японии индукторные муфты скольжения находят очень широкое применение в тех же областях, что и в СССР, и, кроме того, в металлургической промышленности. Электромагнитная муфта скольжения применяется в двухклетевом прокатном стане tandem. Здесь первая клеть приводится от асинхронного короткозамкнутого двигателя в сочетании с муфтой скольжения, а вторая — от асинхронного двигателя с фазным ротором. Схема автоматического регулирования для согласованного вращения обеих клетей с поддержанием заданных величин натяжения полосы предусматривает регулирование возбуждения ЭМС в зависимости от сигнала задаваемой скорости, сигнала фактической скорости, потребляемой короткозамкнутым двигателем мощности, и положения прыгающего ролика.

Электромагнитные муфты скольжения в сочетании с реверсивными асинхронными двигателями 80 квт используются при прокатке материала через две клети с возвратно-поступательным перемещением материала. Питание возбуждения муфт осуществляется через усилители, связанные с тахогенераторами и датчиками тока приводных двигателей. Моталки работают поочередно то приемной, то отдающей. Двигатель отдающей моталки затормаживается до полной остановки и его ИМС в качестве тормоза обеспечивает автоматическое регулирование натяжения сматываемого материала. Электромагнитные муфты скольжения для поддержания требуемого натяжения проката используются в линиях травления, лужения, отжига, очистки полосы, в приводе моталок.

Такие ИМС широко используются в индивидуальном приводе волочильных барабанов многоступенчатых волочильных станов, удовлетворяя требованиям широкого регулирования скорости и момента. Автоматическим электронным регулированием возбуждения ИМС достигается регулирование усилия волочения с точностью $\pm 1\%$. Намотка готового изделия также осуществляется

приводом с ИМС, регулируемым на постоянную мощность намотки.

Приводы с ИМС для намоточных и размоточных устройств применяются также в бумажной, химической и текстильной промышленности. Индукторные муфты скольжения, применяемые в трубоволочильных станках, изготавливают иностранные фирмы Нортон, Баркроу, Грюн.

Индукторные муфты скольжения находят применение в электрооборудовании прессов. В сочетании с вихревым тормозом, представляющим собой ИМС с застопоренной ведомой частью, они применяются в приводах штамповочных прессов. Такие приводы для прессов поставляются фирмой Итон Мэнюфэкчурин с моментом от 1 000 $\text{kG}\cdot\text{м}$ при 550 об/мин до 16 500 $\text{kG}\cdot\text{м}$ при 425 об/мин. Такие же приводы находят применение в дыропробивных прессах.

Индукторные тормоза иногда используются для прессов глубокой вытяжки.

Индукторная муфта скольжения в сочетании с индукторным тормозом используется в качестве сервопривода. Такие сервоприводы выпускаются фирмой Ньюбридж на мощности до 22 квт при 2 500 об/мин. Сервопривод может развивать полный момент при заторможенном выходном вале в течение 45 мин или сколь угодно долго 75 % полного момента.

Для создания обратной связи по скорости служит встроенный тахогенератор переменного тока (при диапазоне регулирования 1 : 100) или постоянного тока (при диапазоне регулирования 1 : 1 000). Система регулирования возбуждения муфты и тормоза содержит усилитель на полупроводниковых триодах.

Перечисленными выше примерами не исчерпывается область применения ИМС. Они используются также в шаровых мельницах, разгрузителях бункеров и вагонов с бункерообразным кузовом, в установках для испытания тормозных обкладок как тормоза, машинах для наложения оболочки кабеля, приводах каландров, центробежных разливочных машинах, цементных обжигательных печах и грохотах, машинах для выдавливания сока цитрусовых, для намотки катушек, приводах моталок проволоки, ленты, трубок, бумаги и т. п., элеваторах двухдвигательном приводе станций для испытания задних мостов, в специальном исполнении как динамоме-

тры, в приводах для пуска и обкатки редукторов моторов, в экструдерах, приводах шлифовальных машин и испытательных установок топливных насосов, в приводах процессов термообработки, на испытательных установках коробок скоростей, при обработке металлической ленты, в перемешивающих машинах и т. п.

3. МОНТАЖ ИНДУКТОРНЫХ МУФТ СКОЛЬЖЕНИЯ

Распаковка и хранение. Индукторные муфты скольжения по прибытии их на место должны быть распакованы для проверки их состояния, а затем, если они не поступают на монтаж немедленно, должны быть вновь упакованы и храниться в чистом, сухом помещении с температурой не ниже 5°С и относительной влажностью не более 70%.

Разбирать прибывающие непосредственно с завода-изготовителя ИМС не нужно, так как они выпускаются заводом проверенными, испытанными и готовыми к установке.

Части муфт, смазанные перед отправкой для предохранения от коррозии, должны быть тщательно проверены. При обнаружении мелких недостатков на обработанных поверхностях их следует устранить на месте, а очищенные поверхности должны быть вновь покрыты антикоррозионной смазкой. Порядок удаления ржавчины, мелких царапин и коррозионных изъянов на обработанных поверхностях изложен ниже.

При обнаружении на обработанных поверхностях значительных повреждений (трещин, ржавчины, глубоких задиров, царапин и др.) необходимо составить соответствующий акт и вызвать представителя завода-изготовителя для решения вопроса о ремонте или замене оборудования.

Во избежание образования пятен на наружных поверхностях контактных колец необходимо между кольцами и щеткодержателями прокладывать электрокартон или другую изолирующую прокладку. Щетки следует вынуть из обойм и обернуть парафиновой бумагой.

Осмотр ИМС перед монтажом. Индукторные муфты скольжения, поступившие с завода-изготовителя, а также находившиеся длительное время в бездействии, перед монтажом должны быть тщательно осмотрены. Кро-

ме внешнего осмотра общего состояния муфт, должны быть проверены состояние выступающих частей валов, отсутствие задевания индуктора якорем или станины якорем, наличие масленок и смазки в подшипниках.

При внешнем осмотре муфты особо тщательно следует проверить выступающие концы валов, для которых требуется высокая степень чистоты и точности обработки. Обработанные поверхности очищают и промывают керосином. Для ускорения этой работы можно пользоваться твердыми щетинными кистями и деревянными скребками. Грубо обработанные поверхности (наружные поверхности станины, якоря и пр.) можно очищать латунными скребками. Пользоваться стальными щетками и скребками недопустимо, так как применение их приводит к повреждению очищаемых поверхностей.

После того как с обработанных поверхностей смыта грязь и снято антикоррозионное покрытие, их следует насухо вытереть чистыми тряпками и тщательно осмотреть для выявления дефектов на обработанных поверхностях.

Если на грубо или получисто обработанных поверхностях будут обнаружены заусенцы, забоины и другие дефекты, их следует зачистить напильником.

Детали, поверхности которых должны иметь высокую степень чистоты и точности обработки (валы, отверстия полумуфт, шкивов и т. п.), при необходимости полируются или шлифуются. Полировку следует производить тонкой пастой ГОИ. Эта паста снимает микробы металла и доводит полируемую поверхность до зеркального блеска в минимальный срок, почти не изменяя размеров детали.

Полировку иногда заменяют шлифовкой самым мелким наждачным полотном. После окончании этих работ отшлифованные и отполированные поверхности тщательно промывают бензином для удаления наждачной и металлической пыли, а также воды, содержащейся в керосине.

После очистки наружных частей муфты от грязи и устранения рассмотренных выше недостатков проверяют муфту проворачиванием якоря и индуктора от руки в разные стороны. При этом якорь и индуктор должны легко проворачиваться, не задевать друг за друга и за станину, не должно быть подозрительного шума, щелчков, царапания и т. п.

Подшипники должны иметь лекий ход, без толчков и заеданий. Нормально смонтированный подшипник должен вращаться ровно, без особого шума и толчков. Глухой прерывистый шум указывает на загрязненность подшипника. Свистящий звук указывает на то, что подшипник недостаточно смазан.

Должно быть проверено крепление пальца, на котором крепится щеткодержатель (палец этот должен плотно сидеть в своем гнезде). Щеткодержатели должны быть надежно закреплены на пальце. Должен быть проверен нажим щеток на контактные кольца (см. § 4). Должны быть проверены положение щеток по отношению к контактным кольцам и состояние контактных колец.

Контактные кольца не должны иметь трещин, забоин, вмятин и других дефектов, их рабочая поверхность должна быть совершенно чистой, без следов резца и царапин; изоляция между кольцами и от корпуса не должна иметь видимых нарушений и загрязнений. Особое внимание следует обратить на надежность крепления узла контактных колец на валу. Должна быть исключена возможность смещения колец. Смещение узла контактных колец относительно вала во время работы муфты влечет к обрыву идущих от контактных колец к обмотке возбуждения проводов. Винт, крепящий втулку контактных колец, должен иметь на конце коническую заточку и заходить в коническую лунку на поверхности вала. Винт этот должен быть завернут до отказа. Щетки не должны выступать за край контактных колец. Для проверки этого проворачивают вручную вал с установленными на нем кольцами и наблюдают положение щеток при вращении колец.

Необходимо также убедиться в надежном присоединении выводных концов обмотки возбуждения к токоподводящим шпилькам узла контактных колец. Состояние изоляции токоведущих частей от корпуса проверяют мегомметром на 500 в.

Величина сопротивления изоляции не нормируется. Следует только убедиться в том, что между токоведущими частями и корпусом нет короткого замыкания. Проверку осуществляют дважды — с поднятыми и опущенными щетками.

Если в результате осмотра муфты выявится, что по причинам длительного или плохого хранения муфта нуж-

дается в ремонте с полной разборкой, последняя должна быть произведена в соответствии с указаниями, приведенными в § 4.

Проверка фундамента. При обследовании фундамента перед монтажом необходимо проверить состояние бетона фундамента, главные осевые размеры и высотные отметки опорных поверхностей.

Качество фундаментов должно соответствовать требованиям «Инструкции о порядке подготовки и сдачи промышленных объектов под монтаж оборудования» (Госстрой РСФСР, РСН-11-62, 1962). Если в результате осмотра фундамента возникает необходимость в дополнительной проверке качества фундамента, то такую проверку должна производить строительная организация, возводившая фундаменты, с выдачей монтажной организации протокола о пригодности проверенных фундаментов для монтажа на них машин, предусмотренных проектом.

Установка фундаментных плит, салазок, приводного двигателя и ИМС. В качестве основания для двигателей и ИМС применяют литые чугунные или стальные плиты, сварные металлические рамы, салазки и т. п.

После подготовки и проверки фундамента, заключающейся в нанесении на поверхности его насечек, удалении грязи, пыли и смачивании поверхности его водой, на фундаменте устанавливаются фундаментная плита, рама или салазки. Для обеспечения горизонтальной установки рамы пользуются подкладками из полосовой стали толщиной 10—20 и длиной на 50—75 мм больше ширины опорной поверхности фундаментной плиты. Ширина подкладок должна быть равна примерно $\frac{1}{4}$ их длины, но не меньше 50 мм. Окончательная выверка горизонтальности плит производится при помощи дополнительных тонких стальных подкладок требуемой толщины. Длина и ширина этих подкладок должны быть равны ширине основных прокладок.

Количество основных прокладок, устанавливаемых под фундаментную раму, должно быть не более 5 шт.

После выверки опоры при помощи уровня и струн производят затяжку фундаментных болтов и вторично проверяют установку опор, а затем устанавливают двигатель и ИМС. Погрузка, разгрузка и подъем устанавливаемых машин на фундаменты выполняются кранами, талями, лебедками и другими механизмами. При этом

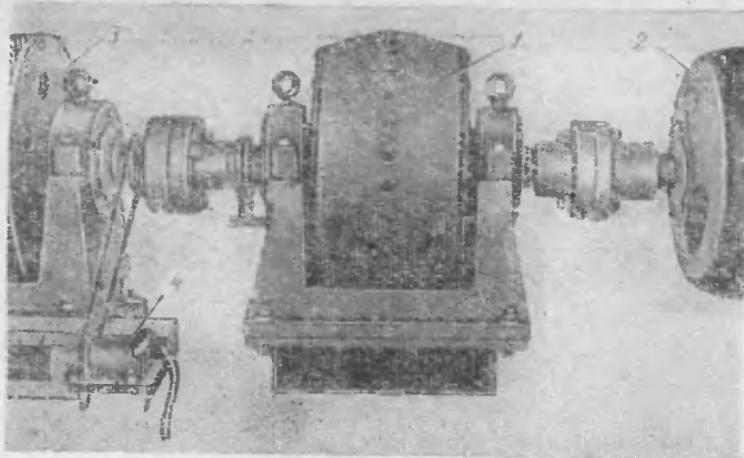


Рис. 20. Общий вид электропривода с ИМС при соединении индукторной муфты, двигателя и механизма посредством соединительных муфт.

1 — индукторная муфта скольжения; 2 — приводной двигатель; 3 — нагрузка; 4 — тахогенератор.

нужно помнить, что при подъеме машины за два рыма возникающие в стропах и рымах усилия зависят от угла между ветвями стропа. Минимальное усилие возникает при угле между ветвями, равном 0° , максимальное — при угле, равном 180° .

Сопряжение валов. Способ сопряжения валов двигателя, ИМС и механизма зависит от их взаимного расположения.

При расположении всех трех указанных машин в одной плоскости и на одной оси соединение валов осуществляют при помощи соединительных муфт (рис. 20). При расположении машин либо в одной плоскости, но на разных осях, либо в разных плоскостях соединение валов осуществляют при помощи ременной или зубчатой передачи. Правильное сопряжение валов является основным требованием при установке машин. Плохая центровка валов даже при эластичной соединительной муфте вызывает вибрации, дополнительные нагрузки на подшипники и может привести к поломке последних.

Для правильного соединения валов должны быть выполнены следующие условия:

непосредственное соединение валов должно выполняться с помощью упругих муфт;

осевая линия непосредственно сопрягаемых валов (линия валов) должна быть плавной, без переломов; центры валов должны совпадать, а оси соединяемых валов — являться продолжением друг друга;

торцевые плоскости соединяемых полумуфт должны быть параллельными; расстояние между торцами полу- муфт нормируется;

отверстия в полумуфтах должны совпадать;

гайки соединительных болтов должны быть предохра- нены от самоотвинчивания;

оси шкивов ременной или зубчатой передачи долж- ны быть параллельными.

При монтаже агрегата, состоящего из приводного двигателя, ИМС и рабочей машины, в первую очередь устанавливают рабочую машину, а затем уже примени- тельно к валу машины центрируют последовательно остальные валы.

Установка валов в положение, при котором торцевые плоскости их полумуфт будут параллельны между со- бью, а оси валов будут совпадать, достигается путем под- бора и установки под станину машины прокладок соот- ветствующей толщины, а также путем боковых переме- щений (в ту или иную сторону).

Установка валов соединяемых машин по прямой при- меняется для малых и средних машин, когда концы валь-лов отдельных соединяемых машин не имеют заметного прогиба под действием собственного веса. В последнем случае машины устанавливают с определенным уклоном к горизонту, руководствуясь инструкциями для установ- ки крупных машин (в настоящей брошюре эти вопросы не рассматриваются).

Центровку валов проводят в два этапа. Первоначально осуществляют предварительную выверку соеди- няемых валов при помощи металлической линейки. Если оси центрируемых валов не имеют грубых боковых и угловых смещений, то при одинаковых диаметрах по- лумуфт линейка, поставленная на ободья полумуфт реб- ром, будет плотно прилегать к ободьям обеих полумуфт. В противном случае между ободом одной из полумуфт и ребром линейки будет зазор.

После того как валы будут предварительно выстав- лены, приступают к более точной регулировке их по- ложения.

Наиболее распространенным способом точной установки является центровка при помощи двух скоб, закрепленных на полумуфтах соединяемых машин.

На рис. 21 показаны конструкция скобы и крепление ее. Скобы крепятся на полумуфтах хомутами и болтами. Процесс центровки заключается в одновременном приворачивании обеих половин полумуфт вместе с укреплен-

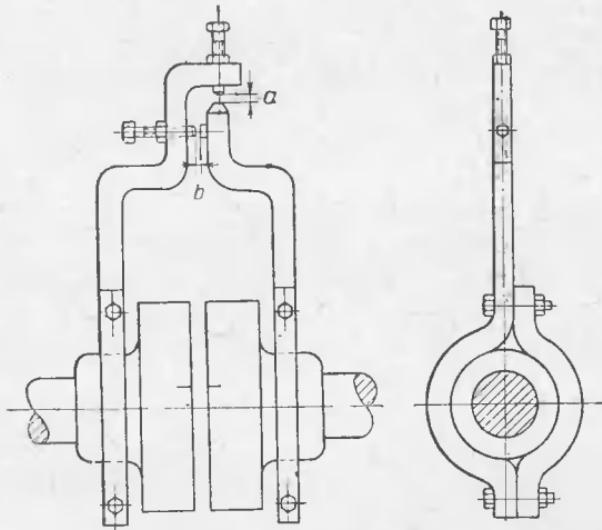


Рис. 21. Скоба для проверки соосности валов.

ными на них скобами и измерении радиального a и осевого b зазоров. Измерение зазоров осуществляют при помощи щупов.

При центровке валов могут встретиться четыре взаимные положения валов соединяемых машин (рис. 22).

Положение 1 (рис. 22, а). Валы расположены на одной прямой и центры их совпадают. При одновременном вращении валов зазоры a и b остаются неизменными.

Положение 2 (рис. 22, б). Валы смешены один относительно другого параллельно. При поворачивании валов осевой зазор b остается неизменным, а радиальный a будет изменяться.

Положение 3 (рис. 22, в). Центры валов совпадают, но оси их расположены под углом. В этом случае при поворачивании валов будет изменяться величина осевого зазора b , а радиальный зазор a будет неизменным.

Положение 4 (рис. 22,*г*). Центры валов смещены и оси их расположены под углом. При вращении валов будут изменяться и осевой, и радиальный зазоры.

Порядок измерений при центровке валов следующий. После укрепления скоб на полумуфтах, устанавливают регулировочными винтами зазоры *a* и *b*, наносят риски на обеих половинках полумуфты и производят первый замер зазоров, когда скобы находятся в верхнем нулевом положении. Затем поворачивают оба вала на 90° в на-

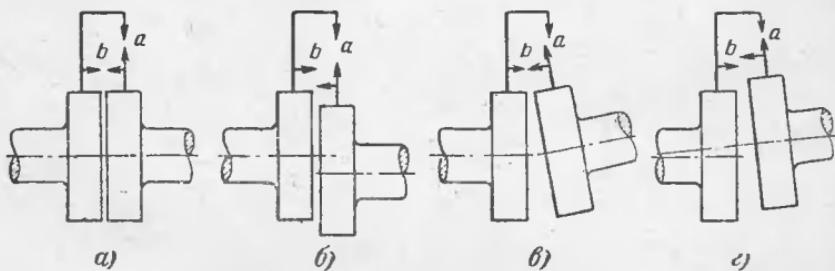


Рис. 22. Четыре возможных взаимных положения валов центрируемых машин.

правлении вращения рабочего механизма и при совпадении рисок обеих половинок полумуфты замеряют зазоры. Всего делают четыре замера при повороте валов через каждые 90° .

Пятый замер производят как контрольный, когда скобы вновь займут верхнее нулевое положение. Величины зазоров в первом и пятом положении скоб должны быть одинаковы.

При измерении зазоров *a* и *b* щупом необходимо следить за тем, чтобы пластинки щупа входили в зазор на глубину 10—20 мм с легким усилием, одинаковым при всех замерах. Запись результатов измерений радиальных и осевых зазоров производится, как указано на рис. 23, где a_1 , a_2 , a_3 , a_4 и b_1 , b_2 , b_3 , b_4 — соответственно радиальные и осевые зазоры при углах поворота валов на 0, 90° , 180° и 270° .

Все измерения и последующие расчеты будут справедливы только в том случае, если при измерениях и записи результатов измерений будут выполнены следующие условия:

Расположение буквенных обозначений на рис. 23 соответствует положению их по торцу полумуфты цен-

трируемой машины, если смотреть на этот торец со стороны окончательно установленной машины.

Внешняя скоба укреплена на полумуфте окончательно установленной машины.

Независимо от принятого направления поворота вала в процессе центровки отсчеты a_1 и b_1 находятся сверху, a_2 и b_2 — справа.

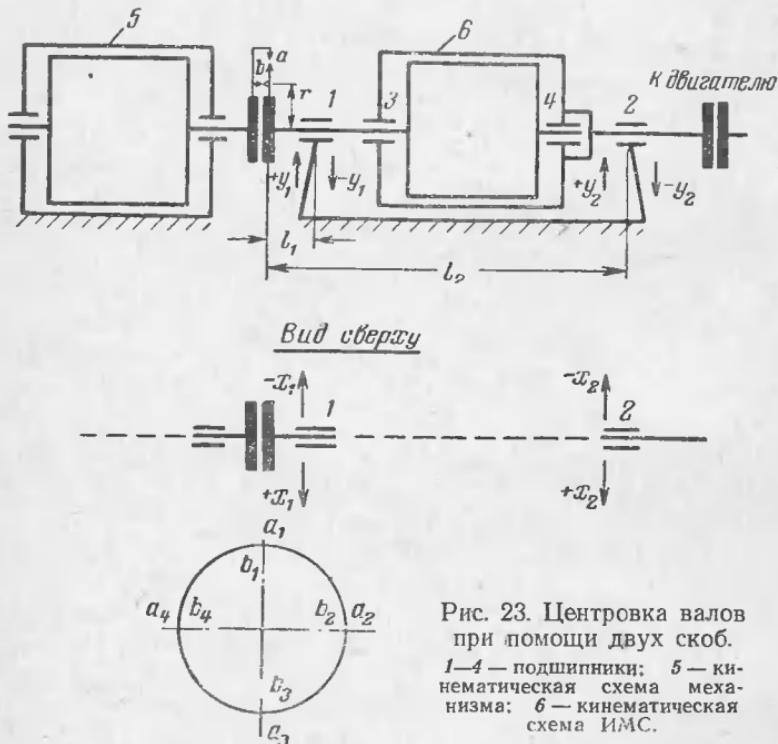


Рис. 23. Центровка валов при помощи двух скоб.
1—4 — подшипники; 5 — кинематическая схема механизма; 6 — кинематическая схема ИМС.

Если учитывать, что при замерах зазоров a и b щупом неизбежны погрешности, которые зависят от опыта исполнителя, результаты измерений следует проверить, руководствуясь следующим положением: если замеры произведены правильно, то сумма числовых значений зазоров между плоскостями полумуфт при 0 и 180° равняется сумме значений зазоров при 90 и 270° , т. е.

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4; \quad b_1 + b_3 = b_2 + b_4.$$

Разность между этими суммами не должна превышать $0,03$ — $0,05$ мм.

Если разность превышает указанные значения, то следует, не изменяя положения полумуфт, повторить измерения более тщательно.

Если конструкция машин не позволяет произвести измерения при нижнем положении измерительного приспособления, т. е. при 180° , то можно выполнить измерения в трех остальных положениях скоб, а недостающее измерение найти расчетным путем; радиальные и осевые зазоры для нижнего положения 180° определяются из выражений:

$$a_3 = (a_2 + a_4) - a_1;$$

$$b_3 = (b_2 + b_4) - b_1.$$

На основании измерений осевых и радиальных зазоров и приведенных ниже расчетов производят соответствующие перемещения центрируемых машин.

Обозначим: x_1 и y_1 (рис. 23) — необходимые горизонтальное и вертикальное перемещения машины со стороны соединяемых муфт в месте установки подшипника 1; x_2 и y_2 — необходимые горизонтальное и вертикальное перемещения противоположного конца машины в месте установки подшипника 2;

l_1 — расстояние от середины подшипника 1 до наружного торца соединительной муфты;

l_2 — расстояние от середины подшипника 2 до торца соединительной муфты;

r — расстояние от места измерения осевого зазора до оси центрируемой машины.

Необходимые величины перемещений в горизонтальной и вертикальной плоскостях определяются по приведенным ниже формулам:

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_1}{r}; \quad (6)$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_2}{r}, \quad (7)$$

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_1}{r}; \quad (8)$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_2}{r}. \quad (9)$$

Направления положительных и отрицательных горизонтальных и вертикальных перемещений показаны на рис. 23.

Как указывалось выше, расчетные перемещения ИМС относятся к точке пересечения вертикальной оси, проходящей через центр опорного подшипника 1 или 2 и плоскости станины муфты. В индукторных муфтах скольжения типа ИМС оси опорных подшипников совпадают с осями грузовых болтов.

Регулировка высоты валов производится изменением толщины подкладок между станиной ИМС и фундаментной рамой.

Центровку валов можно считать законченной, если разница в величинах измеряемых осевых или радиальных зазоров порядка 0,14—0,16 мм при размере r центровочной скобы 330 мм. При другом значении r допуски пропорционально изменяются.

По окончании центровки валов центрируемых машин их окончательно укрепляют на фундаментной раме и зажимают болты соединительных муфт.

Если пользоваться методом центровки валов при помощи двух скоб, можно также определить наличие кривизны самих валов. Для этого смещают положение одного вала относительно другого, поворачивая один из валов вокруг оси на 180°. Затем повторяют замеры осевых и радиальных зазоров. Если при этом осевой и радиальный зазоры изменились, то это указывает на кривизну валов. Компенсировать кривизну валов прокладками не представляется возможным при монтаже, и такие машины должны быть отправлены в ремонт.

При компоновке агрегата, состоящего из двигателя, ИМС и рабочего механизма, соединенных ременной или клиноременной передачей, могут встретиться следующие варианты взаимного размещения машин:

двигатель и муфта находятся на одной оси; ведомый (выходной) вал муфты соединен ременной передачей с рабочим механизмом;

рабочий механизм и муфта находятся на одной оси; ведущий (входной) вал муфты соединен с приводным двигателем ременной передачей;

двигатель, муфта и рабочий механизм размещены на разных осях; ременная передача соединяет двигатель с ведущим (входным) валом муфты, а также ведомый (выходной) вал муфты с рабочим механизмом.

Сопряжение валов при помощи ременной или клиноременной передачи должно быть выполнено с соблюдением следующих условий:

ведущей должна быть нижняя часть ремня;

утолщение соединительного ремня должно быть расположено на наружной поверхности ремня;

оси валов ИМС и сопрягаемого с нею механизма должны быть параллельными, а средние линии их шкивов должны находиться в одной плоскости;

салазки должны быть установлены так, чтобы иметь максимально возможный запас по длине для подтягивания ремня.

Рассмотрим наиболее часто встречающийся случай соединения привода с ИМС с рабочим механизмом при помощи ременной (клиноременной) передачи, когда приводной двигатель и ИМС установлены на одной оси и крепятся на общей раме (рис. 24). Перед установкой фундаментной рамы с закрепленными на ней соединенными двигателем и ИМС необходимо убедиться в правильной выверке вала двигателя и муфты.

Затем производят проверку горизонтальной установки салазок, для чего на обработанную поверхность салазок устанавливают уровень для последовательной проверки горизонтальности салазок в продольном и поперечном направлениях. Выравнивание достигается установкой стальных клиньев между нижней плоскостью салазок и фундаментом. Так как выравнивание горизонтальности в одном направлении, например поперечном, может нарушить продольное положение салазок, то эту операцию повторяют несколько раз, пока уровень не отметит горизонтальное положение салазок во всех направлениях. После проверки поджимают салазки болтами к фундаменту и вновь проверяют их горизонтальное положение.

Как только салазки установлены горизонтально иочно прикреплены к фундаменту, производят установку рамы с двигателем и муфтой на предварительно выверенные салазки и выверку ведомого (выходного) вала муфты с валом рабочего механизма. Обычно рабочий механизм, а следовательно, и ведомый шкив ременной передачи устанавливаются раньше привода, поэтому вал привода устанавливают по валу приводного механизма.

Параллельность валов привода и рабочего ме-

низна проверяют следующим образом. Если ширина шкивов одинакова, то проверку параллельности валов производят по боковым плоскостям шкивов, которые в случае параллельности валов и правильной насадки

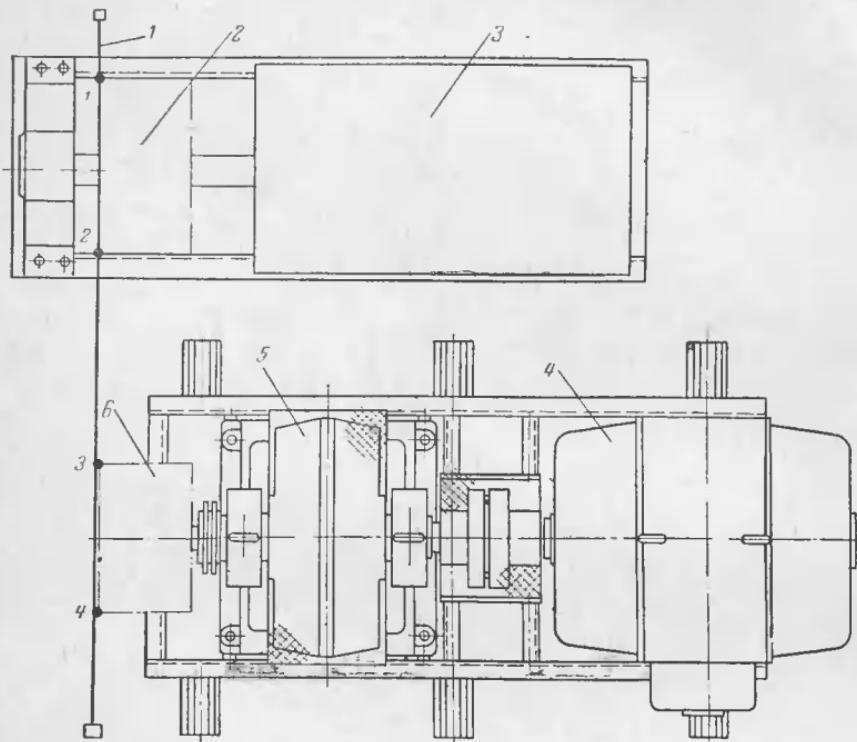


Рис. 24. Выверка валов при соединении их посредством ременной (клинеременной) передачи.

1 — струна; 2 — шкив ременной (клинеременной) передачи; 3 — нагрузка; 4 — приводной двигатель; 5 — индукторная муфта скольжения; 6 — шкив ременной (клинеременной) передачи.

шкивов должны находиться в одной плоскости. Проверку выполняют струной. Если валы параллельны, то натянутая струна касается обоих шкивов одновременно в точках 1, 2, 3 и 4 (рис. 24).

При различной ширине шкивов находят их средние линии, а затем на эти линии накладывают струну. При параллельности валов стальная струна должна совпадать со средними линиями шкивов.

Параллельность осей шкивов достигается перемещением фундаментной рамы двигателя и ИМС на салазках.

Во всех случаях при выверке валов количество прокладок под лапами двигателя и ИМС должно быть как можно меньше. Количество тонких прокладок толщиной 0,5—0,8 мм не должно превышать 3—4 шт. Если по условиям центровки их оказывается больше, то их заменяют общей прокладкой суммарной толщины.

По окончании выверки валов фундаментную плиту, раму или салазки заливают цементным раствором.

Особое внимание при подливке следует уделять тому, чтобы раствор полностью заполнил отверстия фундаментных болтов и зазоров под устанавливаемой опорой. Подливка обычно производится цементным раствором, состоящим из 1 вес. ч. цемента и 1 вес. ч. чистого песка.

Фундаментные плиты и рамы заливаются по высоте в соответствии с проектными указаниями. Если таких указаний нет, то заливка производится до отметки, находящейся на 2—3 см ниже верхней плоскости.

Установка соединительных полумуфт и шкивов. Для соединения валов машин, имеющих общую геометрическую ось, применяют соединительные муфты различных конструкций.

Одной из наиболее простых, дешевых и удобных в эксплуатации конструкций упруго демпфирующих муфт, обеспечивающих хорошую работу привода с индукторной муфтой скольжения, является втулочно-пальцевая упругая муфта (рис. 25) типа МУВП (по нормали машиностроения МН2096-64).

Втулочно-пальцевая упругая муфта состоит из двух полумуфт, соединенных посредством стальных пальцев с насаженными на них резиновыми кольцами трапециoidalного сечения и стальными кольцами.

Полумуфты должны устанавливаться на валах соединяемых машин по напряженной посадке и крепиться при помощи шпоночных соединений. Проверку соответствия посадочных размеров в ступице полумуфт диаметру конца вала, отсутствия конусности в отверстии ступицы и на конце вала обеспечивают соответствующие измерения.

Отверстие в ступице измеряется микрометрическим штихмасом, а диаметр конца вала — микрометрической скобой (рис. 26 и 27).

Для правильного представления о размерах и форме проверяемых поверхностей измерения необходимо производить не менее чем в трех местах по длине ступицы и у конца вала, причем обязательно в двух плоскостях: по осям $a-b$ и $c-d$ (рис. 26). Если измерениями будет

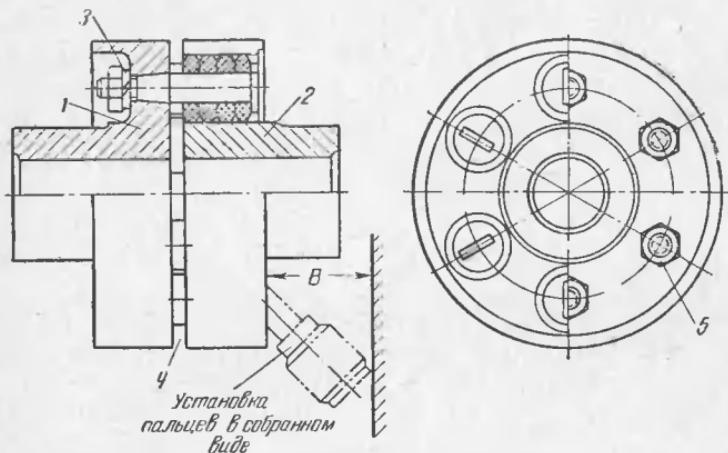


Рис. 25. Втулочно-кольцевая упругая соединительная муфта типа МУВП.

1 и 2 — полумуфты; 3 — шайба пружинная по ГОСТ 6402-61; 4 — монтажный зазор; 5 — гайка по ГОСТ 5927-62 (для пальцев гайки по ГОСТ 2524-62).

установлено, что размеры вала соответствуют посадочному отверстию в полумуфтах, то полумуфты можно готовить к насадке. Для этого подгоняют шпонку по канавкам вала и ступицы полумуфты, очищают конец вала и отверстие в ступице от заусенцев, пыли и шероховатостей и смазывают их тонким слоем масла. Насадку полумуфт на валы ИМС производят в холодном состоянии вручную. Для этого с одинаковой силой ударяют кувалдой через медную или алюминиевую прокладку по всей окружности торца ступицы. Недопустимо для облегчения насадки полумуфт на валы уменьшать диаметр вала двигателя или ИМС. В случае свободной посадки полумуфты на валы запрещается в зазор между валом и полумуфтой подкладывать фольгу или накернивать поверхность вала.

Чтобы обеспечить возможность соединения полумуфт, необходимо при установке их выдержать размер B до опоры (см. рис. 25). При соединении полумуфт необхо-

димо соблюдать следующее условие: весь комплект соединительных пальцев с установленными на них резиновыми кольцами должен свободно входить в отверстия полумуфт. Только в этом случае можно производить крепление пальцев гайками.

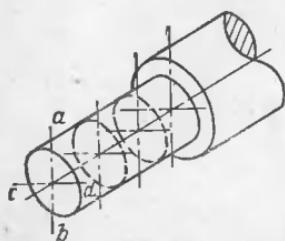


Рис. 26. Измерение диаметра конца вала.

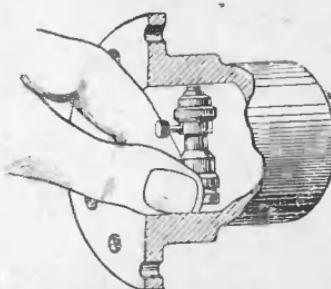


Рис. 27. Измерение отверстия в ступице полумуфты.

Установка шкивов ременной или клиноременной передачи на валах двигателя или ИМС производится тем же методом, что и насадка соединительных полумуфт, с той лишь разницей, что при установке шкивов часто приходится пользоваться подъемными механизмами, так как вес шкивов значительно больше веса соответствующих полумуфт.

Установка тахогенератора. В регулируемых электроприводах с ИМС для контроля скорости и осуществления обратной связи возникает необходимость в установке тахогенератора, связанного с выходным либо (реже) входным валом ИМС. Напряжение тахогенератора пропорционально его скорости. К тахогенератору подключается вольтметр со шкалой, проградуированной в оборотах в минуту. По показаниям этого вольтметра судят о скорости рабочего механизма. В системах автоматического регулирования напряжение тахогенератора, кроме контроля, используют для обратной связи.

Установка тахогенератора показана на рис. 20. Как видно из рисунка, тахогенератор крепится на раме и соединяется с выходным валом ИМС посредством клиноременной передачи. Ведущим шкивом передачи является полумуфта, соединяющая выходной вал ИМС с валом рабочего механизма. На этой полумуфте про-

тачивается канавка, соответствующая профилю и размерам ремня.

Ведомый шкив надевается на вал тахогенератора. Диаметр ведомого шкива должен быть выбран такого размера, чтобы максимальная рабочая скорость тахогенератора была близка к номинальной. Градуировку вольтметра нужно производить после установки тахогенератора путем сравнения с показаниями тахометра или другого измерителя скорости.

4. ИСПЫТАНИЯ ИНДУКТОРНЫХ МУФТ СКОЛЬЖЕНИЯ

Объем испытаний. Все ИМС перед отправкой их отдельным заказчикам подвергаются на заводе-изготовителе муфт типовым и контрольным испытаниям. Назначением этих испытаний является проверка соответствия фактических параметров муфт техническим условиям и нормам на данный вид изделий.

По окончании монтажа перед сдачей ИМС в эксплуатацию проводятся сдаточные испытания. Объем этих испытаний сокращен по сравнению с заводскими, однако достаточен для определения состояния индукторных муфт скольжения к началу эксплуатации, что особенно важно после длительного хранения их, качества монтажа, которое должно обеспечить нормальную эксплуатацию привода.

При сдаточных испытаниях проводится:

внешний осмотр муфты; измерение сопротивления обмотки возбуждения постоянному току; измерение сопротивлений изоляции обмотки возбуждения, контактных колец и щеткодержателя относительно корпуса; измерение воздушного зазора; измерения величин биения валов; измерения величин вибраций; проверка работы муфты на холостом ходу; проверка работы муфты под нагрузкой.

Порядок проведения и анализ результатов испытаний. Перед началом испытаний муфты скольжения необходимо провести *внешний осмотр ее*. Нужно проверить и обеспечить затяжку всех винтов, болтов и гаек. Индуктор и якорь должны свободно вращаться и не задевать.

друг друга. Должна быть проверена установка узла щеткодержателя.

Щеточный механизм должен быть жестко закреплен на пальце щеткодержателя.

Щетки должны иметь зеркально блестящую поверхность на всей площади соприкосновения с контактными кольцами и работать бесшумно. Края щеток должны быть параллельны краям контактных колец.

Нажимные пружины должны быть отрегулированы таким образом, чтобы удельное нажатие щеток (давление на 1 см² поверхности щеток) на контактные кольца было в пределах 200—250 Г/см².

После проведения внешнего осмотра и устранения замеченных недостатков составляют соответствующий протокол о внешнем осмотре и переходят к испытаниям.

Измерение омического сопротивления обмотки возбуждения постоянному току имеет своей целью определение целостности цепи обмотки возбуждения и проверку соответствия величины сопротивления обмотки паспортным данным. Сопротивление обмотки возбуждения определяют либо по показаниям амперметра и вольтметра, установленных в цепи возбуждения, либо измерительным мостом постоянного тока. В первом случае при определении сопротивления обмотки из показания вольтметра необходимо вычесть падение напряжения на щетках, составляющее около 2 в.

Сопротивление обмотки, измеряемое по методу амперметра — вольтметра, определяют по формуле

$$R = \frac{U - 2}{I},$$

где U и I — соответственно показания вольтметра и амперметра в цепи обмотки возбуждения.

Измерения сопротивления обмотки возбуждения могут выявить следующие повреждения в обмотке: короткое замыкание, обрыв и существенные отклонения сопротивления обмотки от номинального.

Короткое замыкание в цепи обмотки возбуждения чаще всего вызывается повреждением изоляции вследствие естественного износа (старения) или в результате механического повреждения ее. Старение изоляции обмотки возбуждения протекает тем интенсивнее, чем выше температура обмотки возбуждения. Поскольку температура обмотки возбуждения нормально работающей

муфты определяется током возбуждения, очевидно, недопустимо длительное превышение тока возбуждения над номинальным, указанным в паспорте.

Причиной повышенного тока возбуждения может быть отклонение (уменьшение) фактического сопротивления обмотки возбуждения. Величина сопротивления обмотки возбуждения, как правило, не должна отличаться от номинальной более чем на 10%.

Механические повреждения изоляции в цепи обмотки чаще всего происходят в местах входа и выхода из вала проводов, соединяющих контактные кольца с обмоткой возбуждения, вследствие их перетирания.

Если измерение сопротивления обмотки возбуждения покажет короткое замыкание в цепи обмотки возбуждения, то в первую очередь следует проверить целостность изоляции токопроводящих проводов в местах их входа и выхода из вала индуктора.

Бесконечное сопротивление цепи обмотки возбуждения указывает на обрыв цепи. Обрыв цепи обмотки возбуждения также чаще всего является результатом механического повреждения токоподводящих проводов либо в местах входа и выхода из вала, либо в месте подключения их к контактным кольцам.

Измерение сопротивления изоляции обмотки возбуждения контактных колец и узла щеткодержателя. Сопротивление изоляции обмотки возбуждения относительно корпуса нужно измерять мегомметром на 500 в. Для измерения сопротивления изоляции обмотки возбуждения относительно корпуса соединяют проводниками зажим мегомметра «линия» с одним из выводов обмотки возбуждения, а зажим мегомметра «земля» или «0» — с корпусом муфты, предварительно очищенным для обеспечения надежного электрического контакта.

Величина сопротивления изоляции не нормируется, однако желательно, чтобы она была не ниже 0,5 Мом.

У муфты с контактными кольцами в случае короткого замыкания или малой величины сопротивления (меньше 0,5 Мом) измерение сопротивления нужно проводить раздельно для обмотки возбуждения и узла контактных колец; при этом необходимо предварительно отсоединить подводящие концы обмотки возбуждения от токоподводящих шпилек узла контактных колец.

Причиной пониженного сопротивления изоляции обмотки возбуждения чаще всего является отсыревание обмотки. Следует иметь в виду, что величина сопротивления обмотки в этих случаях восстанавливается до нормы после 1—2 ч работы муфты благодаря нагреву обмотки током возбуждения.

Показания мегомметра о высоком сопротивлении изоляции не является еще гарантией полной исправности ее. В редких случаях изоляция может иметь механические повреждения и показывать высокое сопротивление, если нет металлического соединения обмотки с корпусом муфты. Такое повреждение изоляции, к сожалению, обнаруживается только через некоторое время, уже в эксплуатации. Прожигание слабых мест обмотки для обнаружения этих повреждений не рекомендуется. Нельзя также мегомметром обнаружить разрыв провода, так как воздушный промежуток в месте разрыва обеспечивает достаточно высокое электрическое сопротивление. Как указывалось выше, провода, соединяющие контактные кольца с обмоткой возбуждения, чаще всего обрываются или перетираются в месте входа или выхода их из вала индуктора.

Низкое сопротивление изоляции узла контактных колец может быть следствием загрязнения или нарушения целостности изоляции токоподводящих шпилек или изоляционной втулки.

Изоляцию щеточного механизма после регулировки всей системы проверяют также мегомметром на 500 в. Величина сопротивления его также не нормируется.

Измерение воздушного зазора между якорем и зубцами индуктора ставит своей целью проверку величины зазора и его равномерности. Увеличение воздушного зазора против указанного в заводском паспорте влечет за собой увеличение номинального скольжения, а следовательно, и потерь. Уменьшение воздушного зазора при существующей в муфте практически неизбежной неравномерности воздушного зазора влечет за собой увеличение одностороннего магнитного притяжения. Последнее вызывает дополнительную одностороннюю механическую нагрузку на подшипники и приводит к преждевременному выходу их из строя.

Отклонение фактического значения воздушного зазора от указанного в паспорте, а также неравномерность воздушного зазора не должны превышать 10%.

Неравномерность воздушного зазора в процентах определяется по следующей формуле:

$$x = \frac{a - b}{a} \cdot 100,$$

где a и b — соответственно наибольший и наименьший размеры воздушного зазора, мм.

Замеры воздушного зазора следует производить стальным щупом с обеих сторон якоря через специально предусмотренные для этой цели отверстия в подшипниковых щитах муфты. Пластины щупа должны заводиться в зазор с легким усилием, одинаковым при всех замерах. Если результаты этих измерений покажут, что величина воздушного зазора и неравномерность зазора не превышают 10%, то на этом проверка воздушного зазора считается законченной, а муфту считают пригодной для эксплуатации.

Повышенная неравномерность воздушного зазора сверх 10% может быть следствием следующих причин: нецилиндричности индуктора; нецилиндричности якоря; наличия эксцентрикитета якоря по отношению к индуктору, т. е. взаимного смещения осей якоря и индуктора.

Цилиндричность индуктора определяют следующим образом. Фиксируют (закрепляют) положение якоря. Замеряют зазор между якорем и всеми зубцами индуктора через одно и то же отверстие подшипникового щита, для чего поворачивают индуктор таким образом, чтобы зубцы индуктора приходились против этого отверстия. Для контроля правильности произведенных измерений индуктор вновь устанавливают в первоначальное положение и производят контрольный замер, результаты которого должны совпадать с первым измерением.

Полное совпадение результатов измерений во всех точках свидетельствует о цилиндрической форме расточки индуктора. Аналогичным образом проверяют расточку якоря, с той лишь разницей, что замеры производят при фиксированном положении индуктора. Количество замеров воздушного зазора в этом случае ограничивается числом отверстий в подшипниковых щитах, предназначенных для измерения величины зазора.

Замеры производят против одного и того же зубца индуктора через отверстия в подшипниковом щите, которые подводят к этому зубцу, поворачивая якорь. Если проверка цилиндричности якоря и индуктора показала

удовлетворительные результаты, то неравномерность зазора объясняется наличием эксцентрикитета якоря и индуктора.

Эксцентрикитет муфты можно установить путем замера воздушного зазора в двух диаметрально противоположных точках зазора. Для этого муфту в сборе извлекают из станины и устанавливают на специальных козлах. Указанные недостатки в отношении цилиндричности и эксцентрикитета в условиях монтажа не устраняются. Муфты с такими недостатками подлежат капитальному ремонту.

Измерение величины биения валов. Одной из самых ответственных деталей любой электрической машины является вал. Индукторные муфты скольжения имеют два вала: один — входной, связанный с якорем и соединенный с двигателем, второй — выходной, связанный с индуктором и соединенный с приводной машиной. Оба вала муфты должны быть расположены на одной геометрической оси и быть прямолинейными.

Если ИМС выполнена качественно и оба условия выполнены, то при вращении вала окружная скорость любой точки вала, находящейся на его оси, будет равна нулю. Если хотя бы одно из этих требований не выполнено, то осевые точки некоторых сечений уже не будут расположены на геометрической оси муфты и при вращении вала будут описывать окружности относительно этой оси. Как говорят, вал начнет «бить». При работе ИМС биения валов могут явиться причинами повышенных вибраций и повышенных нагрузок на подшипники.

Итак, причинами биения валов ИМС может явиться изогнутость валов муфты либо несовпадение их геометрических осей. Так, например, если один из валов ИМС изогнут или ось его не совпадает с осью другого вала, то этот вал, будучи соединен с валом другой машины даже упругой соединительной муфтой, при вращении всего агрегата будет создавать дополнительные нагрузки как на собственный подшипник, так и на подшипник соединенной с ним машины. Эти дополнительные нагрузки могут быть причиной преждевременного выхода из строя подшипников, а следовательно, и всего агрегата.

Изогнутость чаще всего выявляется на концах валов. Так как выступающая длина вала индуктора (от опор-

ногого подшипника до конца) значительно длиннее конца вала якоря, потому что на нем размещается не только соединительная полумуфта или шкив, но и узел контактных колец, то при одинаковой величине нагрузок на валы муфты, например усилий от натяжения ремней клиноременной передачи, вал индуктора находится в более тяжелых условиях, нежели вал якоря. Поэтому в ИМС изогнутость конца вала индуктора возможна чаще, нежели изогнутость вала якоря.

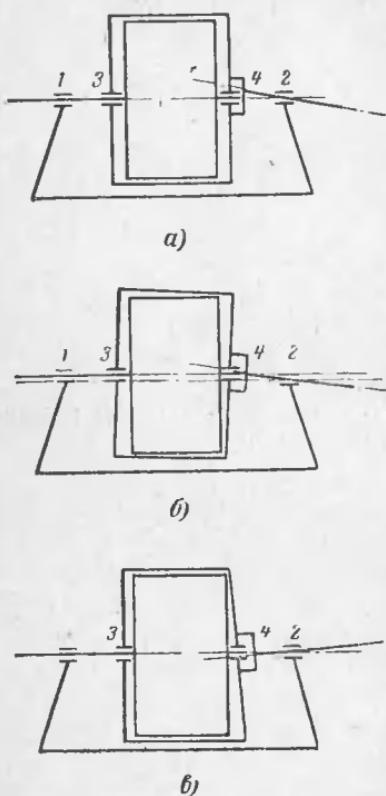


Рис. 28. Причины биения валов ИМС.

a — несовпадение продольной оси вала якоря с продольной осью муфты; *b* — расположение опорных подшипников 1 и 2 не на одном уровне; *c* — непараллельность торцов муфты; 1 — опорный подшипник вала индуктора; 2 — опорный подшипник вала якоря; 3 и 4 — внутренние подшипники.

не на одном уровне. В этом случае будут наблюдаться биения как вала индуктора, так и вала якоря. Причем биение конца вала индуктора будет проявляться даже при вращении якоря и неподвижном индукторе, так как радиальные усилия, возни-

Вторая причина биения валов ИМС — несовпадение осей валов — может быть следствием как некачественного изготовления муфты, так и некачественной сборки агрегата.

При некачественном изготовлении муфты ось вала якоря может быть продолжением оси вала индуктора, но находиться под углом к этой оси. В другом случае валы якоря и индуктора могут быть не на одной оси и быть при этом параллельными друг другу либо под углом.

Причина первого недостатка может заключаться в том, что ось отверстия под подшипник 4 (рис. 28,*a* и *b*) не совпадает с осью вала якоря либо опорные подшипники 1 и 2 находятся

не на одном уровне. В этом случае будут наблюдаться биения как вала индуктора, так и вала якоря. Причем биение конца вала индуктора будет проявляться даже при вращении якоря и неподвижном индукторе, так как радиальные усилия, возни-

кающие из-за расхождения осей подшипника 4 и вала якоря, будут передаваться на вал индуктора.

Другой причиной возникновения биений валов ИМС может быть непараллельность торцов якоря муфты. В этом случае подшипниковые щиты после сборки займут наклонное положение по отношению к продольной оси машины (рис. 28,в).

Вал якоря, жестко связанный с одним из подшипниковых щитов, займет также наклонное положение относительно этой оси. Очевидно, что при вращении якоря конец вала якоря будет бить.

Причиной биений валов ИМС может также быть неиз качественная сборка машин. Недостаточно тщательная очистка посадочных поверхностей опорных подшипников в станине муфты также может вызвать перекос валов и появление биений.

Биения валов измеряют посередине посадочных частей при помощи индикатора, закрепленного на специальной стойке (рис. 29). Стойку с укрепленным на ней индикатором устанавливают так, чтобы стержень индикатора упирался в середину конца вала. После этого поворотом подвижной обоймы индикатора с укрепленной на ней шкалой вокруг ее оси устанавливают нуль шкалы против стрелки.

Для измерения биений вала индуктора разворачивают вручную вал якоря и, медленно поворачивая вал индуктора вокруг его оси, следят за показаниями индикатора. Максимальное отклонение стрелки индикатора от первоначального положения даст величину измеряемых биений.

Аналогично поступают при измерении биения вала якоря, разворачивая вручную вал индуктора и медленно поворачивая вал якоря.

Для валов различных диаметров установлены различные нормы биения валов. Фактические значения биения валов должны быть не больше значений, указанных

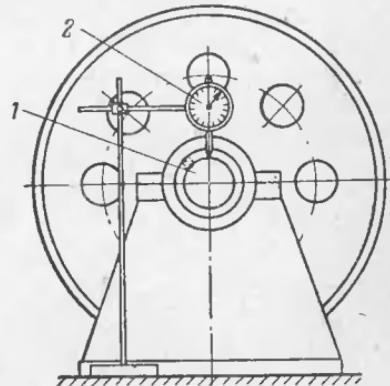


Рис. 29. Проверка радиального биения валов ИМС.

1 — вал муфты; 2 — индикатор.

в табл. 8. Только в этом случае муфту можно считать пригодной для эксплуатации.

Измерение величины вибрации. Вибрация представляет собой вредное колебательное движение самой машины, ее элементов, а также фундамента, на котором она установлена. Вибрация, как и любое другое колебательное движение, характеризуется двумя основными

величинами: амплитудой и частотой колебаний.

Таблица 8

Нормы допустимых значений биения валов

Тип муфты	Диаметр конца вала, мм	Допустимые предельные значения биения, мм
ИМС-7,5	38	0,050
ИМС-13	42	0,050
ИМС-22	48	0,050
ИМС-40	60	0,060
ИМС-75	70	0,060
ИМС-100	90	0,080
ИМС-160	90	0,080

Чина вибраций вращающихся машин также обычно указывается двойной амплитудой колебаний.

Частота вибраций — количество колебаний в единицу времени.

Вибрации опасны тем, что они сопровождаются относительными перемещениями отдельных частей машин; перемещения эти могут вызвать удары, а последние — повышенный износ и повреждения различных частей машины.

Вибрации способствуют образованию и развитию трещин в фундаментах машин и стенах зданий, вызывают отрыв фундаментных плит от фундамента, ослабление посадок, болтовых соединений и других видов крепления деталей машин, недопустимо большой нагрев подшипников, истирание и разрушение изоляции обмотки возбуждения и токоподводящих проводов.

Вибрации являются часто причиной недопустимо высокого уровня шума.

Причины возникновения вибрации бывают механические и электромагнитные.

Из числа основных механических причин вибрации можно выделить следующие:

Неуравновешенность вращающихся частей — якоря, индуктора, подшипниковых щитов и соединительных муфт. Неуравновешенность вращающихся частей муфты может возникнуть вследствие неоднородности материала (раковины в литых частях), недостатков конструкции, выражющихся в неравномерном и несимметричном распределении вращающихся масс, и т. п.

Указанные причины неуравновешенности являются либо следствием конструктивных недостатков машины, либо результатом плохого изготовления или ремонта машины. У отдельных машин, хорошо уравновешенных к началу эксплуатации, после длительной работы может возникнуть неуравновешенность по одной из следующих причин.

Например, с течением времени под влиянием толчков, большой скорости вращения может ослабнуть бандаж обмотки возбуждения муфты. Ослабление бандажа может повлечь за собой перемещение обмотки. А последнее даже при самом незначительном перемещении приводит к перераспределению весов вращающихся масс и возникновению вибрации. Смещение обмотки возбуждения от своего первоначального положения может произойти из-за ослабления посадки обмотки возбуждения на индукторе, в других случаях — из-за высыхания торцевой изоляции обмотки.

Если вибрации вызваны неуравновешенностью вращающихся частей муфты, то это можно легко определить по частоте вибраций: в этом случае частота колебаний муфты равна числу оборотов.

Различают два вида неуравновешенности: статическую и динамическую.

Статическая неуравновешенность может быть обнаружена и при невращающейся муфте. Отсюда и название статическая неуравновешенность в отличие от динамической неуравновешенности, которая проявляется только при вращающейся машине. Статическая неуравновешенность возникает от того, что центр тяжести вращающегося тела лежит не на оси вращения.

При вращении тела возникает центробежная сила, пропорциональная величине неуравновешенности и скорости вращения. Как указывалось выше, такая неуравновешенность может быть обнаружена при невращаю-

щемся теле, так как достаточно повернуть это тело на некоторый угол, чтобы центр тяжести, стремясь занять нижнее положение, возвратил его в исходное положение.

Динамическая неуравновешенность отличается от статической тем, что центр тяжести тела лежит на его оси вращения (тело статически уравновешено), но, несмотря на это, при его вращении возникают вибрации. Этот тип неуравновешенности в большей степени проявляется при больших скоростях вращающихся тел, относящихся к категории длинных роторов. Это объясняется тем, что на обеих торцевых частях длинного вращающегося тела могут оказаться одинаковые по весу неуравновешенные массы, расположенные примерно в одной плоскости, но диаметрально противоположно. В этом случае статическая балансировка бесполезна, так как эти массы при неподвижном положении тела уравновешивают друг друга. При вращении этого тела неуравновешенные массы создадут две противоположно направленные центробежные силы, приложенные на его торцах, и вызовут вибрацию. В реальных условиях обычно имеет место общая неуравновешенность вращающегося тела, при которой проявляется как статическая, так и динамическая неуравновешенность.

Недостаточно точная центровка линий валов приводного двигателя, ИМС и рабочего механизма. При недостаточно точном соединении валов машин, образующих агрегат, возникают усилия, изгибающие валы. Направление этих усилий при вращении меняется, в результате чего возникают вибрации.

Изогнутость валов. Изогнутый вал ИМС, соединенный с другими машинами, входящими в агрегат, может явиться причиной повышенных вибраций.

Изогнутый вал одной машины, соединенной даже упругой муфтой с нормальным валом другой, будет создавать при вращении знакопеременные радиальные усилия, повышающие нагрузки на подшипники, с одной стороны, и вибрации муфты скольжения — с другой.

Задевание вращающихся частей одна за другую или за неподвижные (якоря за индуктор или якоря за станину) и вызванные этим удары также могут явиться причиной вибраций.

Вибрации могут возникнуть при ослаблении болтовых соединений, креплений и посадок отдельных частей

муфты, а именно: крепления подшипниковых крышек и щитов, ослабления болтов соединительных муфт, соединяющих двигатель, ИМС и рабочий механизм, и т. п.

Осадки или трещины фундаментов, ослабление фундаментных болтов также могут явиться причиной вибраций, так как осадки фундаментов нарушают центровку линий валов. Трешины в фундаменте, ослабленные фундаментные болты уменьшают жесткость, а следовательно, и виброустойчивость всей конструкции.

Вибрации могут быть вызваны недостаточной жесткостью станины муфты и фундаментной плиты.

Недостатки зубчатой, ременной или клиноременной передачи. В зубчатых передачах вибрации возникают вследствие неправильного зацепления зубчатых колес, несоответствующей обработки зубьев и т. п.

Из недостатков ременной передачи, вызывающих вибрации, наиболее распространенными являются повышенные утолщения в местах сращивания ремней, а также неправильное направление вращения ремня по отношению к соединению, чрезмерный натяг ременной передачи.

Вибрации в ИМС могут возникнуть от ударов или вибраций, возникающих в приводимом во вращение механизме или машине во время работы и передаваемых муфте скольжения, как, например, в приводах дробилок, роторов земснарядов и пр.

Кроме рассмотренных выше механических причин возникновения вибраций, в ИМС могут возникнуть также *вибрации электромагнитного характера*. Причинами электромагнитного характера может явиться несимметрия воздушного зазора ИМС из-за эксцентрикитета индуктора и якоря или искажения формы расточки якоря или индуктора.

Эксцентрикитет, т. е. несовпадение продольных осей индуктора и якоря, может быть как недостатком конструкции муфты, так и следствием износа подшипников. Искажение формы расточки якоря или индуктора, выражающееся в отклонении формы расточки от цилиндрической, как правило, является результатом производственного брака.

При несимметрии воздушного зазора ИМС по обеим указанным выше причинам нарушается равномерность взаимного магнитного притяжения индуктора и якоря, в результате чего будут возникать вибрации.

Измерение величины вибрации ИМС ставит своей целью сопоставление фактической величины вибрации с величиной, допустимой по нормам, и определение пригодности для эксплуатации ИМС и агрегата в целом по условиям вибраций.

Измерение вибраций нужно производить на основной и промежуточных скоростях в трех направлениях:

вертикальном (вертикальная вибрация);

продольном (продольная вибрация);

поперечном (поперечная вибрация).

Данные замера вибрации следует заносить в протокол испытаний.

Приборами для измерения вибрации служат виброметры и вибрографы различных конструкций. Приборы дают правильные показания лишь в том случае, если они плотно прилегают к площадке, на которой они установлены и вибрация которой измеряется. Шатание или перемещение прибора искажает замеры, дает неправильные результаты. Измерение вибраций следует производить на верхних крышках подшипников со стороны ведомого и ведущего валов.

Для измерения вертикальных вибраций упирают штифт виброметра в верх крышки подшипника; при этом ось штифта должна быть перпендикулярной оси вала.

Для измерения поперечных вибраций штифт виброметра упирают в корпус верхней крышки подшипника вблизи линии разъема. Ось штифта устанавливают перпендикулярно оси вала. При измерении продольной вибрации штифт упирают в торец крышки подшипника, а ось штифта устанавливают параллельно оси вала.

Фактическая величина двойной амплитуды вибраций не должна превышать допустимых значений, указанных ниже.

Скорость вращения, об/мин 3 000 1 500 1 000 750 и ниже

Величина вибрации (двойная

амплитуда), мм 0,05 0,10 0,13 0,16

Если измеренная величина вибрации превышает допустимое значение, следует выяснить причину ее возникновения. Выяснение причин возникновения вибраций производится методом последовательного исключения каждой из перечисленных причин в следующем порядке.

Осмотр следует начать с обстоятельной проверки фундамента и крепления на нем всего агрегата. Как правило, фундаменты для электроприводов выполняют

из монолитного бетона общими под весь агрегат во избежание неодинаковой просадки сопрягаемых частей агрегата. В эксплуатации монолитность фундамента может быть нарушена в результате разрушения бетона грутовыми или сточными водами, а также маслом, вытекающих из подшипников. По этой же причине может оказаться ослабленным крепление фундаментных болтов, а следовательно, и агрегата.

Для предохранения бетона фундамента от разрушения водой применяется специальная водонепроницаемая изоляция по его поверхности, соприкасающейся с грутовыми водами, что должно быть предусмотрено в строительном проекте и обеспечено при выполнении строительных работ. Во избежание попадания масла на фундамент необходимо следить за состоянием подшипников и не допускать вытекания из них масла.

В эксплуатации часто происходит нарушение крепления агрегата к фундаменту из-за большого количества подкладок, подложенных под раму в процессе установки или центровки агрегата. В процессе работы эти подкладки уплотняются, расшатываются и даже выпадают, что приводит к повышению вибрации машины-механизма. Несвоевременное обнаружение ослабления крепления машины может привести к повреждению механизма и фундамента. Во избежание этого следует при окончательном закреплении агрегата заменить временные подкладки постоянными числом не более двух-трех со строганой поверхностью и подобранных по толщине соответственно общей толщине временных подкладок.

После проверки состояния фундамента и крепления муфты производят проверку соединения ИМС с двигателем и приводимой во вращение машиной.

Сначала проверяют плотность посадки соединительных полумуфт на концах валов двигателя, ИМС и механизма. Посадка полумуфт должна быть тугой, без всякой слабины. Затем следует проверить степень биения торцевых поверхностей полумуфт, величина которого не должна превышать 0,02—0,03 мм. В противном случае торцевые поверхности муфты должны быть заново проточены.

Для правильной работы соединительных муфт необходимо, чтобы отверстия в полумуфтах строго совпадали, а во избежание небаланса болты с крепящими их гайками должны иметь одинаковый вес и быть замар-

кированы так, чтобы каждый болт всегда ставился в одно и то же отверстие полумуфты.

После проверки соединения следует проверить центровку агрегата.

Как указывалось выше, часто встречающейся причиной повышенной вибрации индукторной муфты являются неуравновешенность рабочего механизма и вибрации, возникающие в нем во время работы. Это может быть выявлено проверкой работы ИМС при отсоединенном рабочем механизме (нагрузке). Если при отключенном механизме вибрации исчезают, то, очевидно, причина вибрации лежит вне ИМС.

Далее измеряют вибрацию муфты при отключенной обмотке возбуждения. Для этого разгоняют муфту при номинальном возбуждении до максимальной скорости, а затем быстро снимают возбуждение муфты и наблюдают за ее вибрацией. Исчезновение вибрации муфты в этом случае укажет на электромагнитный характер вибрации.

Повышенная вибрация, вызываемая недостатками фундамента, установки машины на фундаменте, сопряжения машин или дефектами электромагнитного характера, может быть устранена только путем ликвидации указанных недостатков.

Только в тех случаях, когда имеются достаточные основания считать, что имеет место неуравновешенность вращающихся частей, нужно производить балансировку последних. Статическую неуравновешенность в отдельных случаях можно устраниить в условиях монтажа.

Устранение динамической неуравновешенности (динамическая балансировка) должно выполняться в условиях специальных мастерских.

Проверка работы ИМС на холостом ходу ставит своей целью проверку состояния ее механической части, т. е. состояния подшипников и отсутствия вибраций.

Первый пробный пуск ИМС производится без нагрузки при отключенном на короткое время токе возбуждения муфты. Муфте, соединенной с двигателем, сообщают толчок, включая двигатель на достаточное для сдвига муфты с места время. Если ИМС провернулась и при этом не обнаружилось никаких ненормальностей (ненормальный шум, треск и т. п.), плавно увеличивают ток возбуждения ИМС, разгоняя последнюю до номинальной скорости, а затем отключают двигатель.

В период разгона и остановки ИМС убеждаются в отсутствии стуков, ненормальных шумов, недопустимых вибраций и т. п.

После устранения дефектов, если они будут замечены при кратковременном пуске, ИМС врашают вхолостую при номинальном токе возбуждения примерно в течение 2 ч. За время работы ИМС на холостом ходу прирабатываются подшипники, устанавливаются температуры подшипников и обмотки возбуждения. Последнее используют для того, чтобы совместить с этим испытанием измерение температуры нагрева обмотки возбуждения при номинальном токе возбуждения.

Контроль работы подшипников ведут при помощи термопар или термометров, установленных в отверстиях для рым-болтов в верхних подшипниковых крышках. Рым-болты вывинчивают, а в отверстия для них набивают густую подшипниковую смазку.

Температура подшипников в случае их нормальной работы должна равномерно возрастать, не превышая 60—70° С при предельно допустимой температуре 100° С.

Проверка работы ИМС под нагрузкой. По окончании испытания ИМС на холостом ходу, убедившись в отсутствии повышенных биений и вибраций, повышенной температуры подшипников и обмотки возбуждения, отключают двигатель, останавливают ИМС и вновь проверяют состояние щеток, затяжку болтов и гаек (особенно на вращающихся частях). После этого присоединяют ИМС к приводимому во вращение механизму или машине, включают приводной двигатель и медленно увеличивают ток возбуждения муфты от нуля до номинального. При этом вначале проверяют, не возникает ли в ИМС вибрация.

Одновременно с измерениями вибрации при работе ИМС под нагрузкой необходимо следить за температурами подшипников и обмотки возбуждения изложенными выше методами. Максимальная температура подшипников не должна превышать 100° С, а обмотки возбуждения (при измерении температуры методом амперметра—вольтметра) 140° С.

Значительная температура якоря при работе муфты под нагрузкой не должна вызывать опасений у обслуживающего персонала, так как температура якоря ИМС не нормируется, если это только не вызывает увеличения сверх допустимых температур подшипников и обмотки возбуждения.

Необходимо иметь в виду, что после длительной работы муфты с большим скольжением и большой нагрузкой перед ее остановкой нужно охладить якорь муфты во избежание недопустимого нагрева обмотки возбуждения и подшипников после остановки. Для этого после снятия возбуждения с ИМС нужно не выключать сразу приводной двигатель, а оставить его еще некоторое время работать вхолостую для охлаждения якоря муфты.

Возможные неисправности ИМС и их причины сведены в приложение 3.

Техническая документация о результатах испытаний и рекомендуемая форма протокола осмотра и испытаний индукторных муфт скольжения приведены ниже.
(Предприятие)

ПРОТОКОЛ

приемо-сдаточных испытаний ИМС (тип муфты)

(заводской № _____)

(название и № агрегата)

(число, месяц, год)

1. Испытания были подвергнуты ИМС типа _____ зав. №
_____, изготовленная в 196____ г. заводом _____
(завод-изготовитель)

Испытание проводили:

1. _____
(занимаемая должность, фамилия, имя, отчество)

2. Внешний осмотр показал удовлетворительное состояние индукторной муфты скольжения (либо неудовлетворительное; в последнем случае перечисляются замеченные недостатки).

3. Измерения сопротивлений изоляции обмотки возбуждения, контактных колец и щеткодержателя относительно корпуса.

Узел муфты	Сопротивление изоляции, Мом
Обмотка возбуждения	_____
Контактные кольца	_____
Щеткодержатель	_____

Измерения проводились мегомметром на _____ в.

Вывод: состояние изоляций удовлетворительное
неудовлетворительное.

4. Измерение сопротивления обмотки возбуждения постоянному току.

Температура окружающей среды при измерении _____ °С.

Сопротивление обмотки возбуждения _____ ом.

Измерение проводилось _____
(тип и № прибора)

Сопротивление обмотки возбуждения _____
соответствует
не соответствует норме.

5. Измерение воздушного зазора между якорем и зубцами индуктора.

Величина воздушного зазора со стороны ведущего вала, мм	Величина воздушного зазора со стороны ведомого вала, мм
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.

Неравномерность воздушного зазора _____ %.

6. Измерение температуры подшипников.

Режим	Температура подшипника (°С) со стороны	
	ведущего вала	ведомого вала
Холостой ход		
Нагрузка		

Температура окружающей среды _____ °С.

Вывод: температура подшипников в допустимых пределах выше допустимых пределов.

7. Измерение вибраций.

№ п/п.	Скорость выходного вала	Двойная амплитуда вибрации в месте установки подшипника, мм	
		входного вала	выходного вала
1	$n_{\text{вых}} = 0$		
2	$n_{\text{вых}} = 0,5n_{\text{н}}$		
3	$n_{\text{вых}} = 0,75n_{\text{н}}$		
4	$n_{\text{вых}} = n_{\text{н}}$		

Измерения проводились ————— (тип измерительного прибора)

Вывод: вибрация в допустимой норме выше допустимой нормы.

5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИНДУКТОРНЫХ МУФТ СКОЛЬЖЕНИЯ

Уход за индукторными муфтами скольжения. Уход за ИМС заключается в проведении предусмотренных графиком эксплуатации периодических профилактических осмотров и ремонтов и наблюдений за тем, чтобы во

Время работы ИМС были приняты необходимые меры предосторожности, обеспечивающие безопасность обслуживания.

После установки и пуска привода с ИМС необходимо обеспечить правильный уход за муфтой, который сводится в основном к контролю работы подшипников. В ИМС, установленных сразу после прибытия их с завода-изготовителя или ремонта и работающих в нормальных условиях, первую замену смазки в подшипниках нужно производить через 3 000 ч работы. Смазка подшипников производится шприц-масленкой через специально предназначенные масленки, которые расположены на подшипниковых щитах и верхних крышках подшипников. Подшипниковые камеры должны заполняться смазкой примерно на 2/3 их объема. Весовое количество смазки, соответствующее этому объему, должно быть указано в краткой инструкции по эксплуатации ИМС, прилагаемой заводом-изготовителем к каждой выпускаемой им муфте. После окончания смазки подшипников необходимо убрать с поверхности ИМС остатки смазки.

Если количество смазки в подшипниковых камерах превышает норму, то во время работы ИМС излишек смазки будет вытеснен из подшипниковых камер. Поэтому после 1—2 ч работы ИМС нужно остановить ее и удалить вытесненную из подшипниковых камер смазку.

Уход за подшипниками включает проверку их вибрации и температуры. Чтобы вовремя заменить вышедший из строя подшипник, нужно вовремя определить его неисправность. Для этого необходимо периодически измерять температуру подшипников и вибрацию ИМС, нормы которой указаны выше.

Сроки проведения профилактических осмотров и ремонтов муфт скольжения. Осмотры ИМС следует производить не реже 1 раза в 3 мес., а профилактические ремонты, как правило, не реже 1 раза в год. В зависимости от местных производственных условий сроки осмотров и ремонтов следует сокращать.

Сроки проведения профилактических ремонтов ИМС определяются в основном расчетным сроком службы подшипников, который в среднем равняется 8 000—10 000 ч, т. е. составляет около 1 года непрерывной работы. Однако и шариковые, и роликовые подшипники на практике часто служат значительно дольше этого

срока и заменять их новыми, прежде чем они сработаются, нецелесообразно. Дефекты в шариковых и роликовых подшипниках в результате их срабатывания, неправильной установки или по какой-либо другой причине развиваются сравнительно медленно, поэтому их можно своевременно обнаружить и устраниить, наблюдая за их работой при периодических внешних осмотрах муфты.

На ответственных агрегатах профилактические ремонты следует производить по достижении расчетного срока работы подшипников муфты, т. е. не реже 1 раза в год, независимо от того, что даже ко времени профилактического ремонта по внешним данным подшипники находятся в удовлетворительном состоянии.

Если соединение выходного вала ИМС с механизмом выполнено при помощи ременной или клиноременной передачи, то опорный подшипник ИМС со стороны ременной передачи будет нагружен значительно больше остальных, поэтому и срок службы его сократится. Замену этого подшипника, если в этом возникнет необходимость, можно производить при профилактическом осмотре, не разбирая полностью для этого ИМС. Сроки профилактических ремонтов муфт лучше всего объединять со сроками ремонта приводных двигателей.

Профилактический осмотр ИМС нужно производить как во время ее работы на различных скоростях, так и тогда, когда она неподвижна. Особое внимание следует обратить на характер шума муфты, вибрацию и нагрев подшипников. После проверки ИМС во время работы приступают к наружному осмотру после ее остановки. В первую очередь производят чистку и обтирку ее наружных частей. При наружном осмотре проверяют затяжку резьбовых соединений, целостность и плотность насадки на валы двигателя, ИМС и механизма соединительных муфт и шкивов, состояние щеткодержателя и узла контактных колец, надежность присоединения токоподводящих проводов к щеткодержателю и шпилькам контактных колец.

Профилактический ремонт. Для выявления необходимых ремонтных работ профилактический ремонт начинают с внешнего осмотра (рассмотрен выше), затем проверяют состояние изоляции цепи обмотки возбуждения, величину биений и вибраций. После этого приступают к разборке ИМС для осмотра ее внутренних ча-

стей, а при необходимости для замены или ремонта изношившихся деталей.

Разборку ИМС начинают со съема защитного ограждения муфты, которое обычно крепится к станине муфты или фундаментной раме. Затем отсоединяют токо-подводящий кабель от щеткодержателя или клеммной коробки ИМС. После этого отсоединяют ИМС от двигателя и механизма, снимая ремни или рассоединяя соединительные муфты.

В последнем случае предварительно наносят метки (риски) на соединительные полумуфты, фиксирующие их взаимное положение, а также помечают, какому отверстию полумуфты какой палец соответствует. После выполнения всех перечисленных операций отвинчивают болты, крепящие ИМС на фундаментной раме, снимают ИМС с фундамента и перевозят ее на место ремонта. При снятии ИМС с фундаментной рамы нужно заметить расположение и количество прокладок, которые установлены между станиной ИМС и фундаментной рамой, для того чтобы в дальнейшем, по окончании ремонта, при монтаже муфты облегчить центровку ИМС.

Разборку ИМС начинают со снятия соединительных полумуфт и шкивов. Так как и полумуфты, и шкивы насаживаются на валы по напряженной посадке, то для снятия их пользуются специальными приспособлениями — съемниками.

После снятия полумуфт или шкивов с валов ИМС снимают защитный кожух с узла щеткодержателя и контактных колец, а затем и щеткодержатель. Для снятия контактных колец с вала муфты отсоединяют от контактных колец провода, соединяющие контактные кольца с обмоткой возбуждения, и отвинчивают винт, фиксирующий втулку контактных колец на валу муфты. Затем отвинчивают и снимают сначала наружные, а затем верхние крышки опорных подшипников ИМС. После этого снимают со станины соединенные якорь и индуктор муфты.

Если разборка ИМС производится с целью смены только опорных подшипников, то на этом разборка ИМС заканчивается. Дальнейшую разборку ИМС выполняют следующим образом: после съема опорных подшипников (или одного опорного подшипника с вала индуктора) отвинчивают болты, соединяющие подшипниковый щит с якорем муфты и крепящие внутреннюю крышку под-

шипника к щитам со стороны вала индуктора, и производят съем подшипникового щита. При съеме щитов пользуются отжимными болтами, которые для этого завинчивают в специальные резьбовые отверстия в подшипниковом щите. Отжимные болты расположены в диаметрально противоположных отверстиях. Во избежание перекоса болты необходимо завинчивать равномерно. Если отжимными болтами не удается полностью снять подшипниковый щит, то нужно использовать съемник. Для этого закрепляют лапы съемника за края вентиляционных отверстий в подшипниковом щите, убедившись предварительно в том, что отвинчены все болты, которые крепят внутреннюю крышку подшипника. При съеме подшипникового щита с другой стороны якоря (со стороны вала якоря) нужно помнить, что этот щит составляет одно целое с валом якоря. После этого вынимают индуктор из расточки якоря и приступают к разборке индуктора, если требуется отремонтировать или заменить обмотку возбуждения.

Для быстрого снятия и установки обмотки возбуждения индуктор ИМС выполнен составным из двух частей: основания и съемной части. Для разборки индуктора необходимо отвинтить гайки, крепящие съемную часть индуктора и основание, и рассоединить их. После этого можно снять с основания индуктора размещенную на нем обмотку возбуждения.

Ремонт контактных колец. Рабочая поверхность контактных колец должна быть цилиндрической и иметь гладкую полированную поверхность, без неровностей, царапин и горелых мест. Биение контактных колец должно быть не выше 0,1—0,2 мм. При большем биении контактных колец, а также при обнаружении на кольцах царапин, нагара и других дефектов производят обточку их резцом с последующей полировкой. Обточку контактных колец производят при скорости резания порядка 90 м/мин и подаче не более 0,05—1 мм на 1 оборот.

Полировку нужно производить при номинальной скорости вращения, применяя для этой цели мелкую стеклянную бумагу № 00. Полировку рекомендуется выполнять при помощи колодки (рис. 30), торцевую поверхность которой пригоняют точно по окружности колец. Колодку прижимают к вращающимся контактным кольцам до тех пор, пока поверхность колец не станет гладкой. Поверхность колец продувают сжатым

воздухом, прикрепляют к колодкам новую стеклянную бумагу, на которую наносят тонкий слой чистого вазелина, и продолжают полировку до получения равномерного блеска по всей поверхности колец.

Смена проводов, соединяющих контактные кольца с обмоткой возбуждения. Провода, соединяющие контактные кольца с обмоткой возбуждения, проходят внутри вала индуктора через отверстие, вы сверленное в вале

специально для этой цели. Для входа и выхода токоподводящих проводов у вала индуктора предусмотрены два наклонных отверстия, соединяющих внутреннее отверстие вала с его поверхностью. Острые кромки и заусенцы, получающиеся в результате вы сверливания этих отверстий, должны быть

Рис. 30. Колодка для шлифовки контактных колец.

1 — ручка; 2 — планка прижимная; 3 — винт; 4 — бумага шлифовальная; 5 — кольцо контактное.

скруглены и зачищены на заводе-изготовителе.

Однако на практике встречаются случаи повреждения проводов об острые кромки отверстий. Для замены поврежденных проводов новыми необходимо разобрать ИМС и извлечь из нее индуктор. После того как индуктор будет извлечен из муфты, нужно отсоединить токоподводящие проводы от обмотки возбуждения и контактных колец и вытянуть из вала, потянув за любой конец. Затем необходимо осмотреть, закруглить и зачистить все острые кромки по пути прокладки проводов. Диаметр и марка новых проводов не должны отличаться от заменяемых. Чтобы облегчить протяжку проводов через вал, их конец прикрепляют к предварительно протянутому отрезку проволоки через отверстие вала. Затем осторожно протаскивают токоподводящие проводы через вал индуктора и соединяют их концы с выводами обмотки возбуждения и контактными кольцами. При этом предварительно проверяют состояние изоляции протянутых проводов.

Перед сборкой ИМС необходимо проверить состояние изоляции всего участка контактные кольца — соединительные провода — обмотка возбуждения.

Смена и ремонт обмоток возбуждения. Конструкция ИМС позволяет сравнительно легко осуществлять замену обмотки возбуждения в случае выхода ее из строя. Индуктор ИМС, на котором устанавливается обмотка возбуждения, выполняется разъемным. Для снятия обмотки возбуждения достаточно разъединить основание и съемную часть индуктора.

При замене поврежденной обмотки возбуждения новой нужно обратить внимание на то, чтобы выводы обмотки возбуждения пришли на тот же зубцовый паз, что и раньше. Необходимо обеспечить плотную посадку обмотки возбуждения на посадочную поверхность индуктора. Если обнаружится, что обмотка возбуждения сидит неплотно, то необходимо этот люфт устранить картонными подкладками. Точно так же нужно обеспечить плотное прилегание боковых поверхностей катушки к прижимающим ее поверхностям зубцов основания и съемной части индуктора. Очевидно, что после замены обмотки возбуждения индуктор в сборе опять должен пройти статическую балансировку.

При необходимости можно выполнить на месте ремонт катушки, учитывая следующие соображения.

Обмотки возбуждения ИМС имеют простейшую цилиндрическую форму. Однако посадочная поверхность обмотки отличается от наружной. Для того чтобы во время работы ИМС не происходило проворачивания обмотки возбуждения, на посадочной поверхности индуктора имеются небольшие срезы. Посадочная поверхность обмотки выполняется не цилиндрической, а соответствующей этим срезам формы.

В связи с тем, что управление ИМС должно быть возможно как от вариаторов напряжения, так и от магнитных усилителей, обмотки возбуждения выполняются двухсекционными. Обе секции соединяются на выводах в зависимости от напряжения источника питания последовательно или параллельно. Каждая из секций рассчитана на 180 в. При питании обмотки возбуждения от вариатора напряжения через выпрямитель обе секции обмотки соединяются параллельно. Вариатор включается на напряжение 220 в, и на обмотку возбуждения ИМС подается необходимое напряжение. При питании обмотки возбуждения от магнитных усилителей обе секции включаются последовательно с расчетом на выходное напряжение магнитного усилителя 360 в.

Обмотку наматывают двумя параллельными проводами. Начала и концы секций соединяются и подключаются к выводным клеммам согласно рис. 31. Как видно из рисунка, у обмотки возбуждения имеются четыре вывода: 1Н, 1К, 2Н и 2К. Для последовательного соединения секций нужно соединить концы 1К и 2Н, а для параллельного 1Н с 2Н и 1К с 2К.

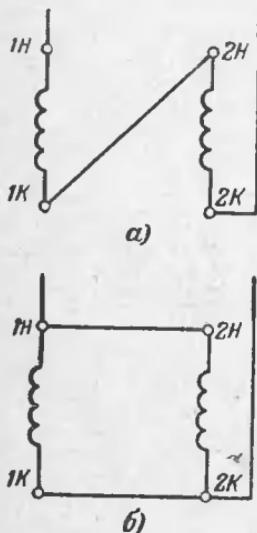


Рис. 31. Схемы соединения секций обмоток возбуждения.

a — последовательное при напряжении источника питания 380 в; *б* — параллельное при напряжении источника питания 220 в.

Интервалы между 150—200 мм. Скобы нарезаются из белой жести толщиной 0,2—0,3, шириной 10 и длиной на 20—25 мм больше ширины обмотки возбуждения.

Укладку бандажа можно произвести на токарном станке или простом приспособлении, состоящем из металлических или достаточно прочных деревянных козел, на которые устанавливается индуктор с обмоткой (рис. 32).

Бухта со специальным стальным луженым бандажным проводом 2 устанавливается на оси 4 в нижней части устройства. Регулирование натяжением бандаж-

ной проволоки производится зажимом 3, представляющим собой два деревянных бруска-колодки, соединенные болтами. Проволока протягивается между колодками. Усилие натяжения проволоки тем больше, чем сильнее сжаты колодки. Зажим 3 устанавливается между бухтой с бандажным проводом и бандажируемой обмоткой.

После установки индуктора 1 с обмоткой возбуждения на козлы 5 приступают к намотке бандажа. Бандаж должен наматываться туго во избежание ослабления его, возможного распускания и разрыва при работе муфты, которые в дальнейшем могут привести к аварии. После намотки полного количества витков весь бандаж пропаивают припоеем. Скобы загибают и припаивают к бандажу.

Для уменьшения нагрева лежащей под бандажом

обмотки при пайке последнюю нужно производить по возможности быстро. Бандаж в процессе пайки необходимо протирать тряпкой или щеткой во избежание образования больших наплывов припоя. По окончании пайки с бандажа удаляют излишки канифоли и припоя и протирают его чистой, смоченной в бензине тряпкой. В результате бандаж должен принять вид сплошного, массивного кольца, прочно удерживающего обмотку возбуждения. Когда бандаж окончательно готов, проверяют мегомметром на 500 в изоляцию обмотки возбуждения. Если сопротивление изоляции удовлетворительное, то индуктор вместе с обмоткой передают на балансировку.

Статическая балансировка. Индукторы и якори ИМС отливаются из конструкционной стали марки Ст. 10 или Ст. 20 с последующей обработкой на металорежущих станках. Так как литые детали иногда содержат пустоты, которые создают неуравновешенность (небаланс) и вызывают вибрации при работе, то устранение этой неуравновешенности (балансировка деталей) является обязательной и проводить ее нужно особенно тщательно. Различают статическую и динамическую балансировки.

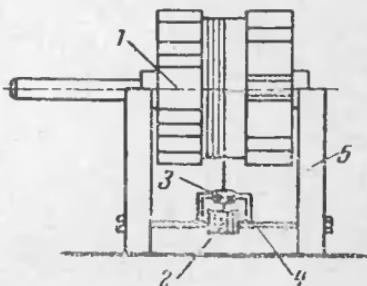


Рис. 32. Станок для намотки бандажей.

Статическая балансировка ставит своей целью достижение статического равновесия якоря и индуктора, при котором они оставались бы в равновесии независимо от угла поворота их вокруг своей оси. Статическая балансировка — простой и доступный способ балансировки. Но она не всегда дает положительные результаты, в то время как динамическая балансировка, хотя она и требует специального оборудования, является гарантией отсутствия вибраций машины из-за неуравновешенности индуктора или якоря.

Балансировка ИМС должна проводиться на заводе-изготовителе. В процессе эксплуатации ИМС повторная балансировка индукторов должна производиться после замены обмоток возбуждения. Балансировка индукторов и якорей ИМС может также выполняться в тех случаях, когда к вибрации ИМС предъявляются более высокие требования, чем обычно. Методы статической балансировки широко освещены в [Л. 11] и применяются на многих предприятиях. Для динамической балансировки требуется сложное оборудование, поэтому производить ее можно только на специальных балансировочных установках.

Смена подшипников. Основным узлом, определяющим надежность и длительность работы ИМС, являются подшипники.

На рис. 23 приведена кинематическая схема ИМС, на которой показано расположение четырех имеющихся в муфте подшипников.

В небольших муфтах применяются шариковые, а в больших и средних — роликовые подшипники.

Подшипники 1 и 2 являются опорными подшипниками, а 3 и 4 — подшипниками, соединяющими индуктор и якорь муфты.

Долговечность подшипника, т. е. продолжительность работы его до появления на нем следов усталости металла, зависит от нагрузки, которую воспринимает подшипник, и скорости вращения его. При правильной установке и центровке ИМС с двигателем и механизмом, а также при правильной установке самих подшипников и расположении двигателя, ИМС и механизма на одной оси наиболее нагруженным, а следовательно, наименее долговечным является опорный подшипник 2 со стороны входного вала муфты.

Если ИМС соединена с двигателем или механизмом при помощи ременной (клиновременной) передачи, то наиболее нагруженным подшипником будет опорный подшипник со стороны ременной (клиновременной) передачи. Но даже при одинаковой нагрузке всех четырех подшипников долговечность опорных подшипников будет меньше, чем у внутренних подшипников, так как у подшипников 1 и 2 скорость вращения внутренней обоймы относительно наружной больше, чем у внутренних подшипников 3 и 4. Причина заключается в том, что у опорных подшипников 1 и 2 вращается только внутренняя обойма, а у внутренних подшипников 3 и 4 — также и наружная, причем и внутренняя, и внешняя обоймы врачаются в одну сторону. Поэтому долговечность подшипников 3 и 4 будет определяться разностью скоростей наружной и внутренней обойм подшипников, т. е. скольжением ИМС.

Таким образом, при любом распределении нагрузки на подшипники муфты наименьшая долговечность будет у опорных подшипников. И только в случае, если неравномерность воздушного зазора в ИМС достигнет такой величины, что силы одностороннего магнитного притяжения между индуктором и якорем резко возрастут, в первую очередь могут выйти из строя внутренние подшипники, воспринимающие эту нагрузку.

Конструкция ИМС обеспечивает свободный доступ к опорным подшипникам. Для осмотра опорных подшипников достаточно отсоединить наружные крышки подшипников, а для замены подшипников нужно дополнитель но снять верхние крышки подшипников, якорь и индуктор в собранном виде со станины ИМС. Подшипники нужно снимать съемниками, захватывая подшипник только за внутреннее кольцо. Снимать исправные подшипники с валов ИМС следует только в крайних случаях, так как наряду с трудностями, возникающими при съеме подшипников, и опасностью их поломки изнашиваются поверхности валов, на которые устанавливаются подшипники, а это может повлечь за собой преждевременную поломку установленного на эту поверхность подшипника. Поломка подшипника может произойти также из-за слишком тугой посадки, поэтому после съема преждевременно вышедшего из строя подшипника необходимо замерить диаметры вала и отверстия в подшипниковых щитах. Посадка подшипников на валы

ИМС должна осуществляться по напряженной посадке, а в подшипниковые щиты — по плотной. Отклонения размеров диаметра вала или отверстия в подшипниковых щитах могут повлечь за собой проворачивание обоймы подшипника или, наоборот, создать усилия, которые могут заклинить части подшипника.

Если диаметр вала под подшипник больше, а диаметр отверстия в щите меньше допустимых размеров, то они должны быть доведены до нужных путем обработки их на токарном станке. Если же диаметр вала меньше, а диаметр отверстия под подшипник в щите больше допустимого, то прибегают к установке на вал или в отверстие щита промежуточной втулки. Накернивание посадочных поверхностей для устранения слабины в посадке подшипников недопустимо.

Сборка ИМС после ремонта. По окончании ремонта начинают сборку ИМС, которую производят в последовательности, обратной последовательности при разборке.

Ниже рассматриваются только вопросы, связанные с монтажом подшипников как наиболее сложных узлов. Монтаж остальных деталей дополнительных разъяснений не требует.

Сборку ИМС следует начинать с установки на вал подшипников. При замене износившихся подшипников новыми последние при том же внутреннем диаметре могут иметь различные ширину и внешний диаметр. Поэтому перед установкой подшипника необходимо проверить его размеры. Размеры нового подшипника должны точно соответствовать размерам снятого. Перед установкой нового подшипника необходимо очистить его от смазки и промыть в бензине. Применять для промывки керосин не рекомендуется, так как оставшийся в подшипнике после промывки керосин может вызвать коррозию его. После промывки новый подшипник необходимо внимательно осмотреть. Если при осмотре подшипника на поверхности дорожек, шариках или роликах будут обнаружены раковины, трещины или другие дефекты, то такой подшипник устанавливать не следует.

При установке подшипников, проработавших уже некоторый срок, промывка и осмотр их должны быть особенно тщательными.

Зазоры в подшипниках измеряются щупом, пластины которого вводят между шариками или роликами и наружным кольцом в верхней части подшипника.

Величина зазоров, измеренных щупом, не должна превышать значений, указанных ниже.

Внутренний диаметр подшипника, мм	До 25	До 100	Свыше 100
Допустимая величина зазора не более, мм	0,1	0,2	0,3

При вращении подшипник не должен «греться». Ненормальный шум подшипника свидетельствует о дефектах на поверхности дорожек, шариках, роликах или сепараторе. Сепаратор обычно срабатывает в соприкасающихся с телами качания местах, после чего на его поверхности появляются трещины. При обнаружении этих дефектов подшипник также должен быть заменен новым. После того как подшипник и вал проверены, приступают к установке подшипника на вал.

Поверхность вала, на которую должен быть установлен подшипник, нужно промыть бензином и нанести на нее тонкий слой масла.

Для облегчения насадки подшипника его предварительно нагревают в трансформаторном масле до температуры 90—100° С.

Температуру масла следует контролировать опущенным в масло термометром. Нагретый подшипник должен легко садиться на вал вручную.

Однако если подшипник заклинится или перекосится, то насадку осуществляют при помощи трубы из мягкого металла и молотка. Если на вал индуктора устанавливаются внутренние подшипники муфты, соединяющие индуктор с якорем, то перед их установкой нужно сначала с обеих сторон вала надеть внутренние крышки подшипников.

Перед установкой подшипниковых щитов внутренние подшипники должны быть смазаны маслом, а подшипниковые камеры набиты смазкой.

Затяжку болтов подшипниковых щитов нужно производить поочередно, затягивая диаметрально расположенные болты равномерно во избежание перекосов. Монтаж остальных деталей муфты, как указывалось выше, дополнительных разъяснений не требует.

После сборки муфты необходимо убедиться в наличии смазки в подшипниковых камерах и свободном вращении индуктора и якоря, отрегулировать щеткодержатель, притереть щетки к контактным кольцам. После

этого необходимо продуть узел щеткодержателя и контактные кольца сжатым воздухом и перейти к испытаниям муфты.

В приложении 2 приведен пример пооперационной сборки ИМС.

Условия безопасности работы и обслуживания ИМС. Так как ИМС являются электрическими машинами, то на работы, связанные с монтажом, ремонтом, испытаниями и эксплуатацией, распространяются все правила техники безопасности при производстве работ с электрическими машинами соответствующих напряжения и мощности.

В отличие от двигателей, у которых наружная часть (статор или станина) неподвижна, в ИМС вращается также внешняя часть — якорь, поэтому при работах с ИМС должны соблюдаться некоторые специальные меры предосторожности, а именно: при монтаже якори муфт должны быть закреплены неподвижно относительно станины. При перемещениях ИМС по горизонтальной плоскости категорически запрещается использовать якорь в качестве катка. Перемещение ИМС нужно производить либо подъемно-транспортными устройствами, либо при помощи катков, подкладываемых под станину муфты. В тех ИМС, у которых наружный диаметр якоря больше высоты от оси муфты до основания и якорь выступает ниже основания станины, под станиной должна быть укреплена специальная деревянная рама, позволяющая пользоваться катками для перемещения муфты. При пользовании подъемно-транспортными устройствами нужно следить за правильным стропованием ИМС.

При работе ИМС якорь, щеточный узел, зажимы подсоединения токоподводящего кабеля, соединительные муфты и приводные ремни должны быть ограждены при помощи защитных сеток или кожухов. Эти ограждения могут быть сняты при работающей ИМС только на время испытаний с обязательным соблюдением особых мер предосторожности.

Возможные неисправности ИМС и их причины

Неисправность	Возможная причина
При вращающемся ведущем вале и включенном возбуждении ведомый вал муфты не вращается	Отсутствует напряжение в сети. Отключился вводной автомат (перегорели предохранители) в цепи возбуждения муфты вследствие короткого замыкания внутри ИМС (замыкание контактных колец, соединительных проводов между кольцами и обмоткой возбуждения, повреждение внутри обмотки возбуждения), нарушения цепи обратной связи в блоке управления муфтой. Нет контакта между щетками и кольцами, обрыв соединительных проводов между контактными кольцами и обмоткой возбуждения, обрыв в обмотке возбуждения
Перегрев подшипников	Неправильная центровка валов, неправильная установка подшипников, повышенная вибрация, отсутствие смазки, повреждение подшипников
Стук в подшипнике Повышенное искрение под щетками	Повреждение подшипника Перекос щетки, заедание ее в обойме, недостаточное нажатие на щетки, повреждение контактной поверхности колец, плохая притирка щеток
Повышенная вибрация	Неуравновешенность вращающихся частей, неточная центровка валов, изогнутость их, задевание вращающихся частей одной за другую или за неподвижную, ослабление болтовых соединений в индукторной муфте, недостаточная жесткость фундамента, фундаментной плиты или станины муфты, ослабление фундаментных болтов, недостатки зубчатой или ременной передачи, удары и вибрации, передаваемые от приводимого во вращение или рядом работающих механизмов, несимметрия воздушного зазора

ОБОРУДОВАНИЕ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНДУКТОРНЫМИ МУФТАМИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Условное обозначение	Apparat	Тип	Технические данные	Количество
<i>Блоки управления типов БМС-1, БМС-2</i>				
<i>A₆*</i>	Автоматический выключатель	АП-50-2МТ	Для блоков типов БМС-11 и БМС-21 — тепловой расцепитель 1,6 а; для блоков типов БМС-12 и БМС-22 — тепловой расцепитель на 6,4 а	1
<i>BH</i>	Вариатор напряжения для блоков типов БМС-11 и БМС-21 Для блоков типов БМС-12 и БМС-22	РНО-250-0,5 РНО-250-2	Длительный ток 1,5 а То же	1 1
<i>B</i>	Выпрямитель селеновый для блоков типов БМС-11 и БМС-21 БМС-12 и БМС-22	75ГМ24А 120ГМ24А	По схеме однофазного моста без перемычки. Подводимое напряжение 150 в, выпрямленное 110 в, ток 2,4 а По схеме однофазного моста без перемычки. Подводимое напряжение 150 в, выпрямленное 110 в, ток 8 а	2 2
<i>V*</i> <i>R₁*</i> <i>ИУ*</i>	Вольтметр Сопротивление Универсальный переключатель	М4200 РПП-21 УП5312-Ж79	0—150 в 25 вт, 5 ком Четыре секции с фиксацией в двух положениях	1 1 1
<i>K_{стоп}, K_{пуск}</i>	Кнопка управления	КУ-1	—	2
<i>Только в блоке БМС-2</i>				
<i>ИМ КБ, КМ</i>	Исполнительный механизм Кнопка управления	ПР-1 КУ-1	220 в переменного тока —	1 2

Блоки управления типов БМС-3, БМС-4 и БМС-5

<i>Ab*</i>	Автоматический выключатель	АП-50-3МТ	С комбинированным расцепителем; ток уставки теплового расцепителя для блоков: БМС-31, БМС-41, БМС-51 — 1,6 а; БМС-32, БМС-42, БМС-52 — 2,5 а; БМС-33, БМС-43, БМС-53 — 4 а; БМС-34, БМС-44, БМС-54 — 6,4 а	1
<i>IB1, IB2, IB3</i>	Выпрямитель для блоков типов БМС-31, БМС-41, БМС-51 БМС-32, БМС-42, БМС-52 БМС-33, БМС-43, БМС-53	40ГД-16А 60ГД-16А 75ГД-16А	Двухплечий выпрямитель; подводимое напряжение 400 в, выпрямленное 150 в, ток 0,3 а Двухплечий выпрямитель; подводимое напряжение 400 в, выпрямленное 150 в, ток 0,6 а Подводимое напряжение 400 в, выпрямленное 150 в, ток 1,2 а	3 3 3
<i>3В</i>	БМС-34, БМС-44, БМС-54 Выпрямитель германиевый	90ГД-16А Д302	Ток в проводящем направлении 1 а, амплитуда обратного напряжения 200 в	3 4
<i>4В</i> <i>5В</i> <i>УМ</i>	То же То же Усилитель магнитный для блоков типов БМС-31, БМС-41, БМС-51 БМС-32, БМС-42, БМС-52 БМС-33, БМС-43, БМС-53	Д302 Д302 УМ.ЗП.15.15.31 УМ.ЗП.15.30.31 УМ.ЗП.20.28.31	Напряжение питающей сети 380 в, выпрямленное 330 в, ток 0,82 а Напряжение питающей сети 380 в, выпрямленное 348 в, ток 1,51 а Напряжение питающей сети 380 в, выпрямленное 360 в, ток 3,38 а Напряжение питающей сети 36 в, ток нагрузки 0,6 а, сопротивление нагрузки 33 ом	4 2 1 1 1
<i>ПМУ</i>	Магнитный усилитель	ТУМ-А3-11		1

* Устанавливается только при выполнении блока в шкафу.

Продолжение прилож. 1

Условное обозначение	Аппарат	Тип	Технические данные	Количество
ПУ	Магнитный усилитель (только для блоков БМС-5)	ТУМ-А1-11	Напряжение питающей сети 36 в, ток нагрузки 0,15 а, сопротивление нагрузки 105 ом	1
СН	Стабилизатор напряжения	С-0,09	90 ва, 220/127 в	1
T	Трансформатор однофазный	ОСО-0,25	250 ва, 127/36 в	1
6В	Выпрямитель кремниевый	Д202	Ток в проводящем направлении 0,4 а, амплитуда обратного напряжения 100 в для блоков типов БМС-3 и БМС-4	1
7В	Выпрямитель кремниевый	Д202	То же, но для блока БМС-5 Ток в проводящем направлении 0,4 а, амплитуда обратного напряжения 100 в для блоков: БМС-4 БМС-5	4
8В	То же	Д202	Ток в проводящем направлении 0,4 а, амплитуда обратного напряжения 100 в для блоков: БМС-4 БМС-5	1 2
9В	То же (только для блока БМС-4)	Д202	Ток в проводящем направлении 0,4 а, амплитуда обратного напряжения 100 в, среднее значение прямого падения напряжения 1 в	4
10В	То же	Д202	Ток в проводящем направлении 0,4 а, амплитуда обратного напряжения 100 в	4
R ₁	Сопротивление	ПЭВ-50Х	50 вт, 130 ом	1
R ₂	Сопротивление	ПЭВ-50Х	50 вт, 130 ом	1

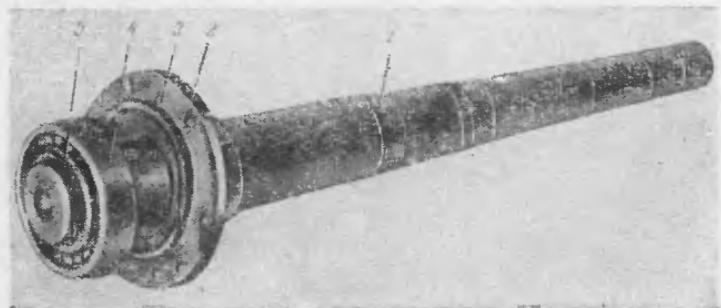
(уточняется при наладке)

R_3	Сопротивление	МЛТ-2	2 вт, 5,6 ком	1
R_4	Сопротивление переменное	ПП-3	3 вт, 5 ком	1
R_5	Сопротивление	МЛТ-2	2 вт, 5,1 ком	1
R_6	Сопротивление переменное	РПП-21	25 вт, 500 ом	1
R_7	Сопротивление для блоков: БМС-3 и БМС-4 БМС-5	МЛТ-2	2 вт, 3,2 ком	1
R_8	Сопротивление переменное для блоков: БМС-3 и БМС-4 БМС-5	МЛТ-2	2 вт, 150 ом	1
R_9	Сопротивление для блоков: БМС-4 БМС-5	ПП-3	3 вт, 5 ком	1
R_{10}	Сопротивление для блоков: БМС-4 БМС-5	ПП-3	3 вт, 100 ом	1
R_{10}	Сопротивление для блоков: БМС-4 БМС-5	МЛТ-3	2 вт, 150 ом	1
C_1	Конденсатор	ПЭВ-50Х	50 вт, 5 ом	1
C_2	Конденсатор для блоков: БМС-3 и БМС-5 БМС-4	ПП-3	3 вт, 500 ом	1
C_3	Конденсатор (только для блока БМС-4)	КЭГ-150-30-ОМ	30 мкф, 150 в	1
R_{11}	Сопротивление (только для блока БМС-5)	КЭГ-150-30-ОМ	30 мкф, 150 в	1
R_{12}	Сопротивление	КЭГ-150-150-ОМ	150 мкф, 150 в	1
$PR1$	Предохранитель	КЭГ-150-30-ОМ	30 мкф, 150 в	1
V^*	Вольтметр щитовой малогабаритный	МЛТ-2	2 вт, 1,1 ком	1
IY^*	Универсальный переключатель	РПП-21	25 вт, 5 ком	1
		ПН-50	Номинальное напряжение патрона 600 в, ток 5 а, плавкая вставка на 1 а	1
		M-4200	Пределы измерений 0—150 в	1
		УП5312-Ж79	Четыре секции с фиксацией в двух по- ложениих	1
Σ	$K_{стоп}, K_{пуск}$	КУ-1	Двухштифтовая	2

СБОРКА ИНДУКТОРНОЙ МУФТЫ СКОЛЬЖЕНИЯ

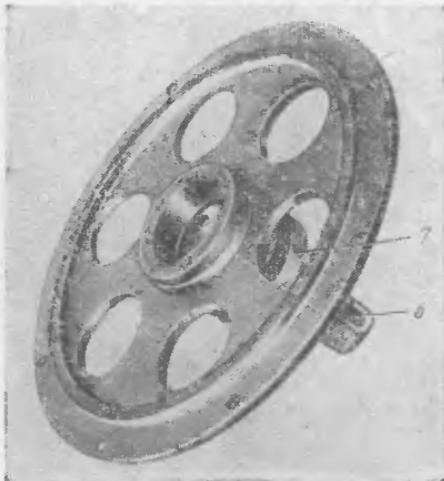
Ниже показан пооперационный процесс сборки муфты типа ИМС-7. Конструкции муфты других типоразмеров незначительно отличаются от рассмотренной, поэтому и в процессе сборки нет существенных отличий.

ПООПЕРАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ИМС

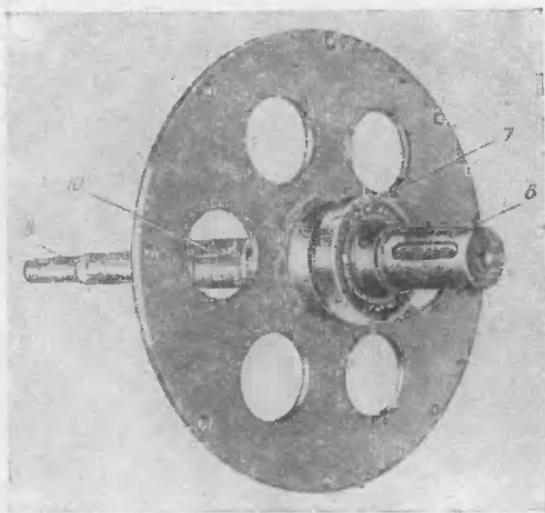
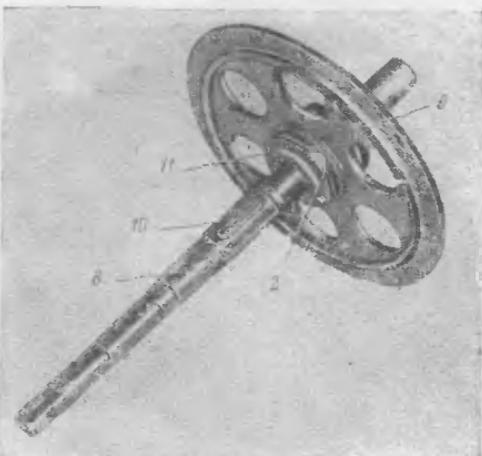


На вал индуктора 1 надевается боковая крышка подшипника 2 с прокладкой 3. Затем на шейку вала насаживается подшипник 4, который крепится стопорным пружинным кольцом 5.

На шейку вала 6 производится посадка подшипника 7, который укрепляется стопорным пружинным кольцом.



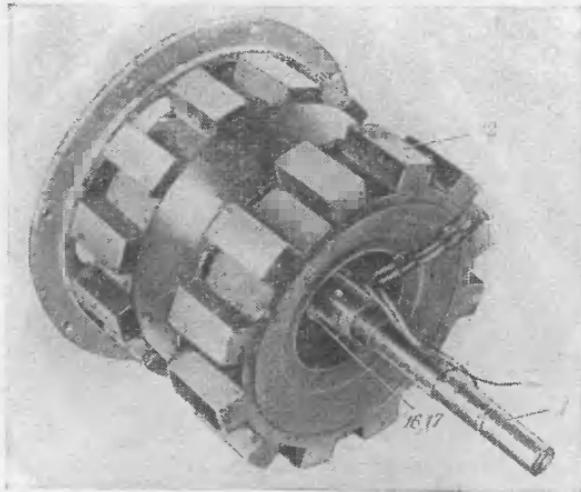
На вал индуктора 8 осуществляется посадка подшипникового щита 9, причем предварительно в соответствующий паз вставляется шпонка 10. Затем узел вала якоря сочленяется с валом индуктора. При этом боковая крышка 2 подшипника с прокладкой привинчивается к подшипниковому щиту с валом винтами 11.



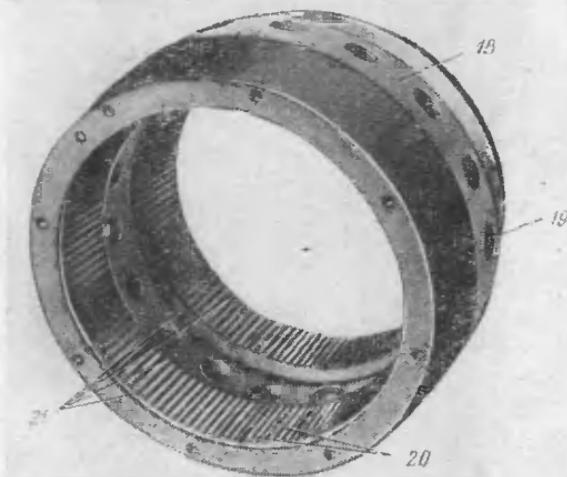
Вид сборки с наружной стороны подшипникового щита.



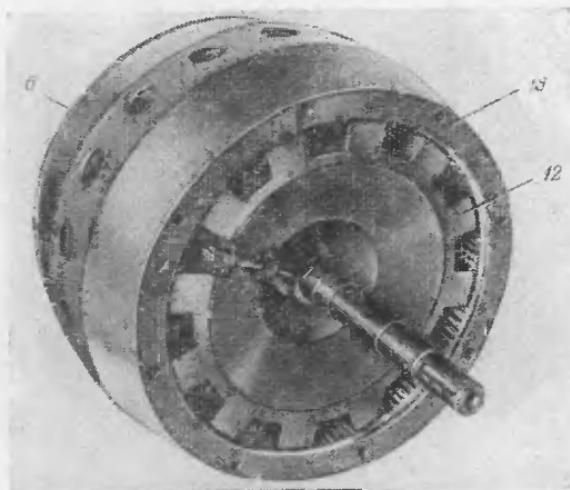
На индуктор 12 устанавливается обмотка возбуждения 13. Выводные концы обмотки прикрепляются к индуктору с помощью скоб 14 и винтов 15.



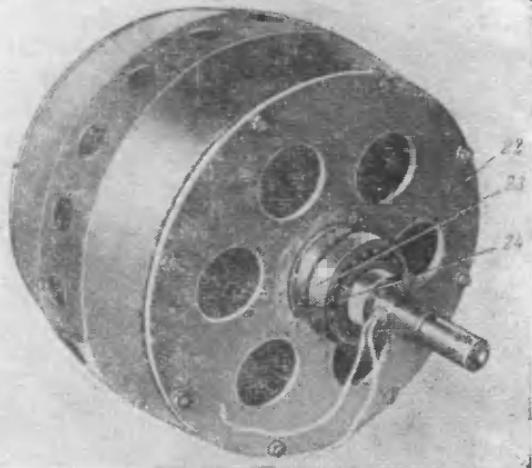
На вал индуктора 1 насаживается индуктор 12. Затем индуктор закрепляется на валу круглой гайкой 16, которая стопорится шайбой 17. Выводы обмотки возбуждения муфты протягиваются через отверстие в ведомом валу.



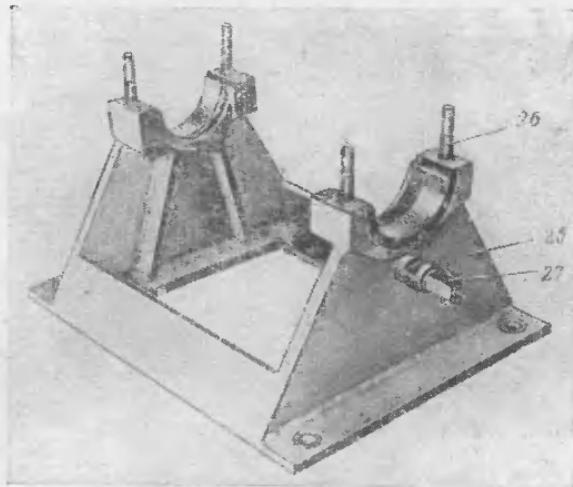
Якорь муфты 18. На рисунке хорошо видны вентиляционные отверстия 19, зубцы 20 и медные короткозамыкающие кольца якоря 21.



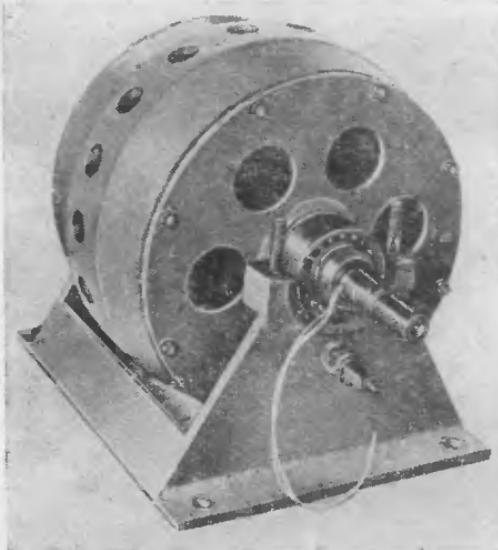
Якорь 18 соединяется с индуктором 12 и пришививается к подшипниковому шиту с валом 6. На вал индуктора устанавливаются боковая крышка подшипника и подшипник (на рисунке эти детали не показаны).



Устанавливается подшипниковый щит 22 со стороны вала индуктора. Осуществляется посадка подшипника 23, который стопорится кольцом 24.

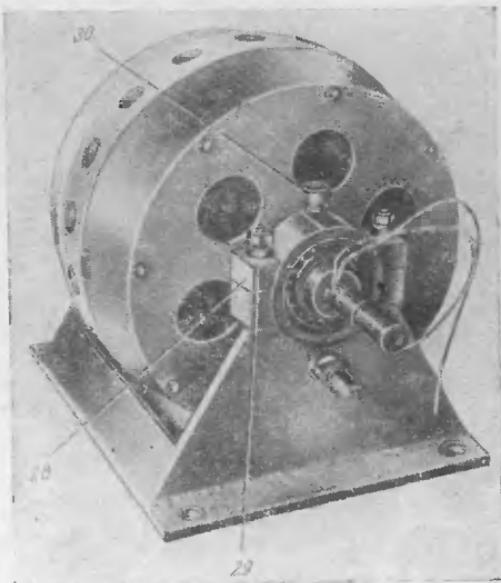


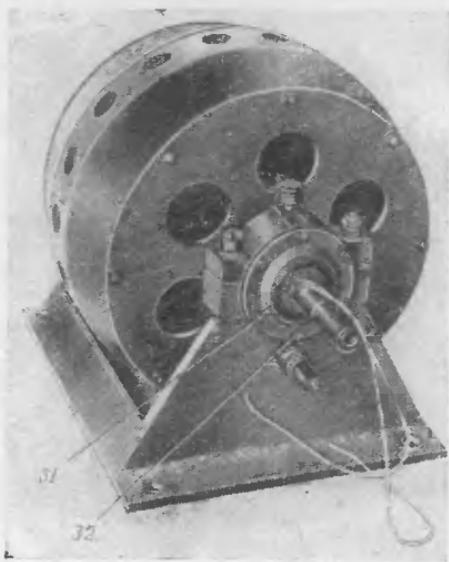
В станину 25 ввинчиваются шпильки 26. К станине крепится стержень 27 щеткодержателя.



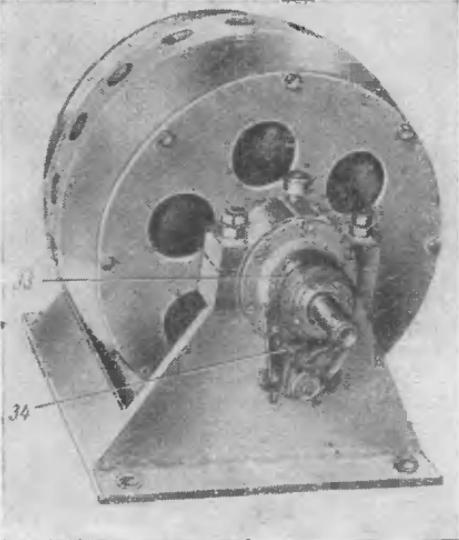
Якорь и индуктор в сборе устанавливаются на станине муфты.

Муфта со стороны вала якоря и индуктора. Устанавливаются верхние крышки подшипников 28 и затягиваются гайками 29. В верхние крышки подшипников ввинчивают масленки 30.





Боковые наружные крышки подшипников 31 привинчивают к станине и верхней крышке подшипника винтами 32.



На вал индуктора устанавливается узел контактных колец 33. На стержень щеткодержателя устанавливается узел щеткодержателя 34.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейбзон Я. И., Электромагнитные муфты скольжения, Сб. «Автоматизированный электропривод», Московский дом научно-технической пропаганды, 1962.
2. Лейбзон Я. И., Милич М. Б., Регулируемые электроприводы переменного тока с индукторными муфтами скольжения, изд-во «Энергия», 1965.
3. Лейбзон Я. И., Астрахан В. Д., Выбор индукторных муфт скольжения для регулируемых электроприводов, «Промышленная энергетика», 1967, № 3.
4. Лейбзон Я. И., Астрахан В. Д., О регулировании скорости вентиляторов и насосов электромагнитными и гидравлическими муфтами скольжения, «Промышленная энергетика», 1965, № 11.
5. Поздеев А. Д., Розман Я. Б., Электромагнитные муфты и тормоза с массивным якорем, Госэнергоиздат, 1963.
6. Иогансон Р. А., Индукторные тормоза, изд-во «Энергия», 1966.
7. Крайцберг М. И., Милич М. Б., Электромагнитные муфты скольжения в строительных и дорожных машинах, НИИ информации Стройдоркоммунмаша, 1965.
8. Комплектные устройства управления, ч. 2, Комплектный регулируемый электропривод, Сводный каталог, ВНИИЭМ, 1966.
9. Гемке Р. Г., Ненправности электрических машин, Госэнергоиздат, 1963.
10. Черепенин П. Г., Монтаж асинхронных двигателей до 100 квт, изд-во «Энергия», 1964.
11. Киселев П. Л., Вибрация электрических двигателей и методы ее устранения, Госэнергоиздат, 1961.
12. Инструкция по монтажу электрических машин ВСН-73-62, Госэнергоиздат, 1963.
13. Инструкция по монтажу электрических машин МСН-116-66

ММСС СССР

изд-во «Энергия», 1966.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Краткие сведения о индукторных муфтах скольжения	5
2. Технико-экономическая целесообразность применения индукторных муфт скольжения и области их применения	44
3. Монтаж индукторных муфт скольжения	54
4. Испытания индукторных муфт скольжения	70
5. Эксплуатация индукторных муфт скольжения	87
Литература	3-я стр. обл.

Цена 23 коп.

*Еще больше электромеханической
литографии на*

www.biblem.narod.ru