**Разработка логической схемы управления двустворчатых ворот судоходного шлюза**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Содержание | Объ-  ем | Кол-во  Чер-ей | Сроки вы­полнения |
| 1 | Введение | 10 |  | 07.04.99 |
| 2 | Описание управляемого объекта | 15 | 1 | 17.04.99 |
| 3 | Описание существующих схем управления | 15 | 1 | 24.04.99 |
| 4 | Синтез логического автомата | 15 | 2 | 30.04.99 |
| 5 | Преобразование контактной схемы управления в бесконтактную | 20 | 1 | 12.05.99 |
| 6 | Датчики информации и схемы сопряжения управляемого объекта с логической системой управления | 15 | 2 | 22.05.99 |
| 7 | Экономическое обоснование | 5 |  | 29.05.99 |
| 8 | Охрана труда | 5 |  | 05.06.99 |

СОДЕРЖАНИЕ.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Общие сведения об электрооборудовании водных пу­тей.

1.2. Состав и назначение механического оборудования гидротехнических сооружений.

1.3. Основные свойства электрофицируемых механизмов гидротехнических сооружений.

1.4 Элементы электрического оборудования шлюзов.

1.4.а. Силовое оборудование приводов.

1.4.б. Электрические аппараты системы управления.

1.4.в Оперативная сигнализация.

1.4.г. Поисковая сигнализация.

1.4.д. Светофорная сигнализация.

1.4.е. Элементы и устройства электроснабжения.

2. ОПИСАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО ОБЪЕКТА

2.1. Элементы ворот и действующие нагрузки.

2.2. Приводной механизм для перемещения двустворчатых ворот.

2.3.Определениемощности и выбор электродвигателя для электромеханического привода двустворчатых ворот судоход­ного шлюза*.*

2.3.1. *Исходные данные.*

2.3.2. *Определение статических моментов сопротивления.*

2.3.3. *Предварительный выбор электродвигателя*.

2.3.4. *Определение момента сопротивления приведенных к валу двигателя.*

2.3.5. *Проверка предварительно выбранного двигателя.*

2.3.6*.Выбор электрических аппаратов для управления ме­ханическими тормозами.*

2.3.7.*Расчет резисторов пускового реостата и выбор ящиков сопротивлений.*

3. ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ

3.1.Привод с асинхронными двигателями без регулирова­ния скорости движения*.*

3.2.Привод с асинхронными фазными двигателями с регу­лированием скорости движения изменением сопротивления це­пи ротора*.*

3.3. Электрический привод с гидропередачей*.*

3.4. Электропривод двустворчатых ворот с тормозным ге­нератором*.*

3.5. Электропривод с тиристорным управлением.

4. БЕСКОНТАКТНЫЕ АППАРАТЫ И СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.

5. СИНТЕЗ ЛОГИЧЕСКОГО АВТОМАТА

5.1. Построение СГСА.

5.2. Кодирование СГСА. ( ГСА ).

5.3. Граф абстраактного автомата.

5.4. Функции выхода. Таблицы переходов. Функции возбу­ждения. Кодирование состояний.

6. ОХРАНА ТРУДА

6.1. Правила технической эксплуатации электродвигате­лей.

6.2. Анализ вредных и опасных факторов на гидротехни­ческих сооружениях. Нормы, мероприятия по поддержанию норм, меры безопасности.

6.3. Электробезопасность.

6.4. Расчет защитного заземления трансформаторной подс­танции.

7. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

8. ЛИТЕРАТУРА

**1. ВВЕДЕНИЕ**.

Для увеличения грузооборота речного флота требуется совершенс­твование водных путей и судов транспортного флота.

Различные по своим техническим характеристикам современные вод­ные пути и суда технического флота представляют собой объекты с вы­сокой степенью электрификации. Электрическая энергия на них приме­няется для привода основных и вспомогательных механизмов, связи и сигнализации, освещения и отопления. Суммарная мощность электродви­гателей гидротехнических сооружений и судов технического флота не­редко превышает 300-500 кВт. Такая энерговооруженность объектов водного транспорта соответствует общему состоянию электрификации народного хозяйства, где электропривод потребляет более 60 процен­тов вырабатываемой электроэнергии.

Отличной чертой современного производства является высокоразви­тая система управления объектами, которая обеспечивает автоматичес­кое управление технологическими процессами. Электропривод все более приобретает черты автоматизированного. Автоматизированные электроп­риводы условно делятся на три уровня. Основу систем первого уровня составляют автоматизированные электроприводы отдельных рабочих ма­шин или процессов ( локальные системы ). Системы второго уровня объединяют электроприводы функционально связанных рабочих машин или процессов с включением устройств контроля, сбора и обработки инфор­мации. Системы третьего уровня включают ЭВМ и обеспечивают опти­мальное управление группой сложных приводов или процессов по задан­ным критериям и алгоритмам.

Энерговооруженность основных объектов водного транспорта позво­ляет коренным образом улучшить их характеристики.

Основой электропривода производственных объектов является элект­рическая машина. Первый электрический двигатель постоянного тока с вращательным движением был создан в 1834 г. академиком Б. С. Якоби при участие академика Э. Х. Ленца. Этот двигатель в 1838 г. был применен Б. С. Якоби для приведения в движение катера на реке Неве. Таким образом, родиной электродвигателя, а вместе с тем и первого электропривода была Россия. Указанная работа Б. С. Якоби получила мировую известность и многие последующие технические решения в об­ласти электропривода отечественных и иностранных электротехников были вариацией или развитием идей Б. С. Якоби.

К наиболее существенным практическим достижениям в области ран­него развития электропривода можно отнести работы В. Н. Чиколева создавшего привод электродов дуговой лампы ( 1873 г. ) и вентилято­ров ( 1886 г. ), П. Н. Яблочкова, создавшего трансформатор ( 1876 г. ), М. О. Доливо-Добровольского, изобретателя асинхронного двига­теля ( 1889 г. ), А. Н. Шубина,разработавшего привод с индивидуаль­ным генератором ( 1899 г. ) ( система генератор-двигатель ) и дру­гие.

Огромную роль в развитие электоропривода сыграли научные идеи крупнейшего русского электротехника Д. А. Лачинова, который раскрыл преимущества электрического распределения механической энергии, дал классификацию электрических машин по способу возбуждения, рассмот­рел условия питания двигателя от генератора и особенности механи­ческих характеристик двигателя постоянного тока. Эта выдающаяся ра­бота Д. А. Лачинова явилась основой науки об электроприводе, кото­рая позднее была развита трудами главным образом русских и советс­ких ученых, среди которых должны быть названы П. Д. Войнаровский,

В. К. Дмитриев, С. А. Ринкевич, В. К. Попов, Р. Л. Аронов, А. Г. Голованов, М. Г. Чиликин, В. И. Полонский и другие.

Развитие науки об электроприводе способствовало росту степени электрификации и автоматизации производственных объектов и созданию совершенных систем автоматизированного привода механизма ворот и затворов шлюзов, судоподъемных устройств и судов технического фло­та.

Электрооборудование на речном транспорте развивается по пути дальнейшего совершенствования существующих устройств и создание но­вых эффективных автоматизированных систем.

1.1. **Общие сведения об электрооборудовании водных путей**. Протяженность внутренних водных путей, пригодных для судоходс-

тва, в нашей стране составляет около 500 тысяч километров, однако активно используются только 150 тысяч километров, из которых около 80 тысяч километров освоено за годы советской власти. В это же вре­мя построено около 16 тысяч километров искусственных водных путей, в том числе Беломорско-Балтийский канал ( ББК ), Волго-Балтийский водный путь ( ВБВП ) имени В. И. Ленина, Волго-Донской судоходный канал ( ВДСК ) имени В. И. Ленина, канал имени Москвы ( УКиМ ). Водный транспорт занимает все более заметное место в народном хо­зяйстве нашей страны и для дальнейшего роста грузооборота и пасса­жирских перевозок требует совершенствования водных путей. Для этого проводят руслоочищение, дноуглубдение, выправление, регулирование стока и шлюзование. Кроме того, для обеспечения безопасности плава­ния на водных путях создается судоходная обстановка в виде системы береговых и плавучих знаков, определяющих направление судового хода и его границы. Судоходная обстановка, выправление водных путей с помощью дамб, полузапруд и других сооружений, а также регулирование стока благодаря специальным водохранилищям при все своей масштаб­ности не отличаются большими расходами электроэнергии или специфи­кой электрификации. Поэтому основное внимание уделяется шлюзованию и использованию специального флота для руслоочищения и дноуглубле­ния.

Шлюзование реки позволяет резко увеличить глубины в речном пото­ке в результате строительства вдоль пути водоудерживающих плотин со специальными судопропускными сооружениями в виде шлюзов или судо­подъемников.

Улучшение судоходности водных путей повышает безопасность плава­ния и является одним из условий успешного развития водного транс­порта. Оно, в частности, осуществляется подъемом воды напорными гидротехническими сооружениями с судоходными шлюзами или судоподъ­емниками.

Судоходным шлюзом называется сооружение, предназначенное для пе­ревода судов из одного бьефа в другой, отличающихся уровнем воды. Разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах воспринимается шлю­зом как напор.

Схематический план и продольный разрез однокамерного шлюза при­ведены на рисунке 1.

Шлюзование осуществляется с помощью камеры 1, разделяющей бьефы, и устройств, позволяющих выравнивать уровни воды в камере отдельно с верхним и нижним бьефами. Со стороны каждого бьефа камера имеет судоходные отверстия, перекрываемые воротами 2. Для маневрирования воротами шлюзы оборудуются механизмами, располагаемыми на площадках или помещениях голов шлюзов.При наполнении и опорожнении камера со­единяется с бьефами водопроводными галереями 3, которые перекрыва­ются затворами. Водопроводных галерей и затворов может не быть, ес­ли для наполнения или опорожнения используются судоходные отверс­тия.

Для ремонта шлюза предусматриваются затворы, позволяющие отде­лить его от верхнего и нижнего бьефа при осушении камеры.

Кроме ворот и затворов с механизмами, камеры шлюза оборудуются причальными устройствами для учалки судов.

Примыкающие к верхней и нижней головам шлюза подходы состоят из каналов для захода судна в шлюз, направляющих устройств, обеспечи­вающих безопасность входа судов в камеру, причальных устройств и сооружений для отстоя судов в ожидании шлюзования.

Обеспечение четкой и безопасной проводки судов на современных шлюзах гарантируется с помощью навигационной сигнализации, связи и автоматического управления всеми операциями шлюзования.

На внутренних водных путях нашей страны эксплуатируются более 100 судоходных шлюзов. Габариты шлюзовых камер достигают: длина - 300 м, ширина - 30 м, напор на одну камеру - 20 м.

Различные по своим техническим характеристикам современные судо­ходные шлюзы представляют собой уникальные сооружения с высокой степенью электрофикации, которая позволяет коренным образом улуч­шить технологию производственных процессов и условия труда обслужи­вающего персонала.

Состав и характер электрического оборудования шлюза определяются его местом в технологической линии, интенсивностью движения на вод­ной магистрали и уровнем автоматизации управления.

Успешная работа судоходного шлюза зависит от надежности и чет­кости действия всех элементов электрического оборудования. В про­цессе проектирования и строительства шлюзов предусматривается, что их электрическое оборудование должно обеспечивать:

заданный технологический режим работы объекта;

постоянную готовность к действию;

возможность дистанционного, а в необходимых случаях и автомати­ческого управления;

экономичность и полную безопасность работы.

Указанные требования выполнимы лишь при высокой степени электри­фикации, автоматизации и качества электрического оборудования.

1.2. **Состав и назначение механического оборудования гидротехни­ческих сооружений.**

Механическое оборудование шлюзов делится на:

*основное*, предназначенное для непосредственного выполнения опе­раций по пропуску судов через шлюз. К нему относятся рабочие воро­та, затворы и их механизмы;

*вспомогательное*, необходимое для обеспечения пропуска судов по определенной схеме и включающее подвижные и неподвижные причальные устройства;

*ремонтное*, предназначенное для отделения камеры от верхнего и нижнего бьефов, состоящее из ремонтных и аварийных ворот, подъемных устройств, насосных агрегатов и т.п.

Различные размеры камер шлюзов и назначения напоров, а также специфика работы вызвали появление большого разнообразия конструк­ций шлюзовых ворот ( плоские,подъемно-опускные, сегментные, откат­ные, двустворчатые и другие ) и затвор галерей ( плоские, сегмент­ные, цилиндрические, дисковые и т.п.).

В настоящее время наибольшее распространение получили плоские подъемно-опускные и сегментные ворота для верхних голов шлюзов, двустворчатые - для нижних, плоские и цилиндрические затворы - для галерей.

*Плоские подъемно - опускные ворота* ( рисунок 2 ) представляет собой щит 1, перекрывающий судоходное отверстие и перемещающийся на

колесных или скользящих опорах в вертикальных боковых пазах 2. Ниж­няя часть ворот выполнена с наклоном в сторону камеры для направле­ния струи при наполнении на гасители и устранения вакуума под щитом и при его подъеме. Аналогичное устройство имеют и плоские затворы водопроводных галерей.

В эксплуатационных условиях ворота могут принимать три положе­ния: 1) рабочее ( судоходное отверстие перекрыто ); 2) наполнение

( открыта часть судоходного отверстия ); 3) судоходное ( судоходное

отверстие открыто ).

По эксплуатационно - гидравлическим требованиям при наполнении камеры шлюза ворота приподнимаются над рабочем положением на 1-3 м с ограниченной скоростью до 0,2-0,6 м/мин, а по окончании наполне­ния, на скорости, превышающей скорость перемещения при наполнении в 20-25 раз, они опускаются в судоходное положение. В рабочее положе­ние из судоходного ворота перемещаются также с большой скоростью.

Плоские ворота конструктивно просты и позволяют перекрывать су­доходные отверстия значительных размеров при относительно небольших габаритах голов камеры. Однако перемещение в вертикальной плоскости и требование двух резко отличающихся скоростей движения вызывает необходимость применения сложных приводных устройств и сооружения помещении для расположения электромеханического оборудования.

*Сегментные ворота* (рисунок 3 ) по назначению аналогичны плоским подъемно - опускным, но перемещаются они не по вертикали, а по ду­ге. Рабочая поверхность их криволинейна, что позволяет за счет дав­ления воды в операции наполнения камеры обходится меньшими усилиями для подъема таких ворот по сравнению с плоскими.

*Двустворчатые ворота* (рисунок 4 ) состоят из двух полотен 1, вращающихся вокруг вертикальных осей, расположенных у стен камеры

2. В закрытом состоянии полотна опираются друг на друга опорными подушками створных столбов, образуя угол 160-170о с вершиной,нап­равленной в сторону большего уровня воды ( верхнего бьефа ), созда­ющего усилие для удержания створок закрытыми.

В эксплуатационных условиях двустворчатые ворота могут занимать лишь два положения: рабочее ( судоходное отверстие закрыто )и судо­ходное ( судоходное отверстие полностью открыто ), так как наполне­ние камеры шлюза при такой системе ворот осуществляется с помощью обводных галерей, снабженных своими затворами.

*Цилиндрические затворы водопроводных галерей* (рисунок 5 ) предс­тавляет собой цилиндр 1, установленный в специальной нише и перек­рывающий водопроводное отверстие своей торцовой частью. Рабочее пе­ремещение затвора осуществляется в вертикальной плоскости с помощью винтовой передачи 2 или гибкого тягового органа.

Благодаря цилиндрической форме поверхности затвора боковое дав­ление воды на него уравновешивается, поэтому подъемное усилие при маневрирование затвором невелико. К недостаткам цилиндрических зат­воров относятся потребность в сложной форме галерей и чувствитель­ность к вибрациям.

*Механизмы ворот и затворов* различаются в зависимости от размеров шлюзов, их конструкции и общей компоновки. Все механизмы, как пра­вило, имею редукторы или гидравлические передачи и тяговые органы. В качестве последних применяются цепные, тросовые, кривошипно-ша­тунные,штангово-цепные и штанговые устройства.

*Гидравлические передачи* используют как для изменения передаточ­ного числа и скорости движения рабочего органа, так и для получения необходимого вида механической характеристики привода. В гидравли­ческих передачах рабочем телом является жидкость, свойства которой и определяют особенности этого типа передач.

Как и в любой передаче, в гидравлической также имеются входное и выходное звенья: первым может быть вал насоса,вторым - поступатель­но перемещающийся поршень в гидроцилиндре.

Гидравлические передачи делятся на гидростатические ( объемного действия ) и гидродинамические. В первых давление, создаваемое на­сосом, передается через жидкость как рабочее тело на исполнительный орган, во вторых жидкость приводится во вращательное движение веду­щим звеном и увлекает за собой ведомое.

Мощность гидростатических систем в основном определяется давле­нием жидкости, и расход ее сравнительно невелик. Гидродинамические системы, наоборот, характеризуются большим расходом жидкости и ма­лым статическим давлением.

Гидростатические передачи, способные обеспечить большие переда­точные числа и преобразовать вид движения, получили преимуществен­ное применение на водном транспорте. Выходные звенья этих передач могут иметь возвратно-поступательное, вращательное или возврат­но-поворотное движение ( соответственно силовые гидроцилиндры, гид­ромоторы, моментные гидроцилиндры ).

На рисунке 6 представлена простейшая гидропередача, преобразую­щая вид движения. Давление, создаваемое насосом 1, с помощью расп­ределителя 2 передается правой или левой полости цилиндра 3, обес­печивая необходимое направление движения рабочего органа. Дроссели­рованием, т.е. отводом части жидкости с помощью дросселя 4 в ем­кость 5 по сливной магистрали, можно управлять скоростью движения поршня. Скорость движения рабочего органа можно изменять также ре­гулированием насосной утановки.

Гидравлические передачи имеют ряд достоинств, обеспечивающих их широкое применение в промышленности и на транспорте:

возможность различного расположения узлов и элементов;

сравнительная легкость изменения направления движения рабочего органа;

простота защиты установки и рабочих органов от перегрузки;

бесшумность работы;

малая масса на единицу мощности;

простота преобразования вращательного движения в поступательное и обеспечение больших передаточных чисел в объемных передачах.

Основными недостатками этих передач являются; сложности прокладки трубопроводных коммуникаций; большие потери давления и утечки жидкости в уплотнениях; зависимость характеристик систем от температуры жидкости и ее

вязкости.

*Тяговые органы* служат для соединения приводного механизма с ра­бочим органом, т. е. с воротами или затворами шлюзов.Тяговые органы работают в исключительно тяжелых условиях, особенно в подъемных ме­ханизмах,где часто они находятся в воде и трудно доступны для обс­луживания. Учитывая неравномерность нагрузки и тяжелые условия их работы, при проектировании тяговых органов стремятся обеспечить им прочность и надежность.

1.3. **Основные свойства электрофицируемых механизмов гидротехни­ческих сооружений.**

Электрифицируемые механизмы гидротехнических сооружений работают в условиях, отличающихся влажностью ( 100*%*), большими перепадами температуры ( 20-50оС ),значительными колебаниями нагрузки и дли­тельными перерывами в работе ( при шлюзовании и особенно в межнави­гационный период ). Для обеспечения безаварийной работы эти меха­низмы должны быть достаточно прочными, долговечными и надежными в эксплуатации. Кроме того, они должны иметь высокие технико-экономи­ческие показатели.

Перечисленные требования распространяются и на электрическое оборудование.

Главные нагрузки, действующие на электроприводы основных меха­низмов гидротехнических сооружений, создаются:

собственным весом перемещаемых устройств;

давлением воды и ветра на них.

Кроме этого, могут возникнуть случайные нагрузки, вызванные на­валом свободно плавающих предметов и шлюзуемых судов, обледенением, ледоходом и т. п.

Указанные нагрузки, веса устройств, не остаются неизменными в процессе работ, поэтому все расчеты выполняются для двух возможных их сочетаний: основного и особого. В основное сочетание включают нагрузки, действующие постоянно при работе механизма, в особое - главные и случайные ( удары топляков, заклинивание, ледоход и т. п.). Сочетания нагрузок выбирают в соответствии с практической воз­можностью одновременного их воздействия как на привод в целом, так и на отдельные его элементы. Нагрузки определяют для статического и динамического режимов работы.

По действующим в системе нагрузкам рассчитывают соответствующие им моменты и суммированием последних вычисляют результирующие мо­менты сопротивления движению Мс.

При определении момента сопротивления нагрузки от навала свобод­но плавающих предметов и шлюзуемых судов, а также от обледенения и ледоходов можно не учитывать, пологая их выходящими за пределы мак­симального момента привода и регламентирующими лишь прочность конс­трукции электрифицируемого устройства.

При этом например, для двустворчатых ворот с тросовыми, цепными, штанговыми и штангово-цепными передачами моменты ( в Н\*м ) от дейс­твующих нагрузок приближенно будут такими:

а) от веса системы ( момент трения в пяте и гвльсбанде )

Мтр=23Fиfrи+Fгfrг,

где Fг и Fи - реакция в пяте и гальсбане, Н;

f - коэффициент трения;

rи, rг - радиус пяты и гальсбана, м;

б) от гидростатического и гидродинамического давления воды на створку

Мг=0,5Yhl2Dh+0,15rhl2\*q2

где Y - вес единицы объема воды, Н/м3;

h - заглубление створки, м;

l - длинна створки, м;

Dh - перепад уровней воды, м; r - плотность воды, кг/м3: q - скорость движения створки, м/с:

в) от действия ветра

Мв=Fвl/2,

где Fв - сила ветра,действующая на створку, Н;

l - длина створки, м.

Момент сопротивления будет равен

Мс=Мтр+Мг+Мв.

В динамическом режиме работы, кроме перечисленного, учитывают дополнительный момент ( в Н\*м ) от сил инерции створки:

Ми=Jw/t,

где J - момент инерции створки, кг\*м2;

w - угловая скорость движения створки, с-1;

t - время динамического режима, с;

Момент сопротивления движению подъемно-опускных ворот ( затворов ) создается главным образом весом ворот и сопротивлением трения в опорно-ходовых и закладных частях. Составляющие момента сопротивле­ния ( в Н\*м ) можно определить следующим образом:

а) от собственного веса ворот ( затвора )

Мв=GRб,

где G - вес ворот с тяговым устройством, Н;

Rб - радиус барабана подъемной лебедки, м;

б) от трения в опорно-ходовых и закладных частях

Мтр=f1PRб+f2DPRб,

где f1, f2 - коэффициент трения опорного устройства и уплотнения;

P и DP - силы гидростатического давления на ворота и на заклад­ные части, Н.

При этом Мс=Мв+Мтр. Для привода затворов галерей,кроме указанных нагрузок, учитывают момент, создаваемый вертикальным давлением во­ды:

Мверт=YSRб( Hв-fоНн ),

где S - площадь затвора,м2;

Hв, Нн - напор на верхнюю и нижнюю ( выпор ) поверхности затво­ра,м;

fо - коэффициент подсоса.

1.4 **Элементы электрического оборудования шлюзов.**

Электрическое оборудование, обеспечивающее четкую и надежную ра­боту гидротехнических сооружений, условно можно разделить на три основных группы: силовое электрооборудование приводов, электричес­кие аппараты и системы управления, элементы и устройства электрос­набжения.

1.4.а. **Силовое оборудование приводов.** К силовому электрооборудо­ванию прежде всего относят электрические двигатели и электрические приводы тормозов.

*Электрические двигатели.* К электрическим двигателям гидротехни­ческих сооружений предъявляются высокие требования в отношении обеспечение нормальной работы в условиях резких колебаний нагрузки, температуры окружающей среды и повышенной влажности. На гидротехни­ческих сооружениях применялись исключительно крановые электродвига­тели переменного тока с короткозамкнутым и фазным ротором серии МТК и МТ специального исполнения, обладающие достаточно высокой перег­рузочной способностью и механической стойкостью. От обычных они от­личаются тем, что обмотка статора их при изготовлении подвергается вакуумной пропитке изоляционным влагостойким компаундом, а в под­шипниковых щитах имеются вентиляционные отверстия, предназначенные для предотвращения появления конденсата внутри двигателя.

В настоящее время на гидротехнических сооружениях получают расп­ространение и крановые двигатели серий МТКВ МТВ с изоляцией класса В, допускающей увеличение номинальной мощности двигателя при преж­них габаритных размерах.

Из - за отсутствия крановых двигателей необходимой мощности ста­ли применяться двигатели общепромышленного назначения. Однако эти двигатели менее надежны в эксплуатации, хуже работают в условиях гидротехнических сооружений, обладают меньшей перегрузочной способ­ностью.

Режим работы двигателей гидротехнических сооружений, как прави­ло, кратковременный с ярко выраженной цикличностью работы. Продол­жительность цикла в зависимости от вида сооружения и характера ра­боты составляет 30 -60 минут. Продолжительность работы двигателей в цикле при этом колеблется от одной до 6 - 8 минут.

*Электрические приводы тормозов.* Большинство механизмов гидротех­нических сооружений снабжают тормозами закрытого типа, как правило, колодочными. Тормоза служат для удержания подъемноопускных устройс­тв в поднятом положении, а поворотных в строго фиксированном поло­жении. Кроме того, с помощью тормоза можно сократить тормозной путь

- выбег механизма. Особенно высокие требования предъявляются к тор­моза многодвигателтельных систем, где необходима одинаковая эффек­тивность действия тормозов для сохранения синхронизации и последо­вательности движения элементов.

Для приведения в действие механических тормозов применяются длинноходовые электромагниты серии МО и электрогидравлические тол­катели серии ЭГП.

1.4.б. **Электрические аппараты системы управления.** Эта группа объединяет аппараты коммутации и защиты, аппараты технологической последовательности и блокировок, контроля и сигнализации. Кроме уп­равления основными механизмами и процессами, специальные системы этой группы аппаратов обеспечивают информацию о состоянии наиболее ответственных элементов и режимах работы и осуществляют регулирова­ние движения судов.

*Коммутационные аппараты.* Для коммутации силовых цепей гидротех-

нических сооружений применяются в основном электромагнитные контак­торы серии КТ. Бесконтактные ( полупроводниковые ) контакторы тока используют лишь в опытном порядке с тиристорными станциями управле­ния.

*Аппараты защиты.* На шлюзах применяются максимальная токовая и минимальная защита. Для максимальной токовой защиты двигателей во­рот и затворов обычно используют электромагнитные или индукционные реле максимального тока серии РЭ и ИТ, Для защиты от перегрузок электротепловые реле ТР, для минимальной защиты - реле напряжения.

Реле промежуточное используется для подготовки цепей управления к заданным операциям ( например, цикловому или раздельному управле­нию ). Кроме того, промежуточные реле в некоторых случаях позволяют сократить число контактов, включаемых в цепь управления. Например, вместо того чтобы включить кнопку " Стоп " всех постов управления в цепь управления, можно включить их цепь катушки промежуточного ре­ле. При нажатии любой из этих кнопок размыкаются контакты этих реле в цепи управления и происходит остановка привода. В качестве проме­жуточных реле широкое применение находят реле серии РП.

Реле времени служат для управления контакторами ускорения, а также в других случаях, когда необходимо, чтобы между двумя опера­циями был определенный промежуток времени. Для этих целей на водных путях в основном используются электромеханические реле с приводом на переменном токе и электромагнитные реле времени постоянного то­ка.

Кнопки и ключи управления применяются общего назначения, рассчи­танные на работу в условиях повышенной влажности.

*Путевые выключатели.* На шлюзах черезвычайно распространены путе­вые выключатели. Они служат для отключения двигателей при достиже­нии затворами конечных и предельных положений, а также для блокиро­вок. Различают путевые выключатели двух типов: блок - аппараты и конечные выключатели. Первые, по своему устройству подобные коман­доконтроллерам, являются средством управления и блокировок в функ­ции пути, а вторые, обычно рычажного типа, устанавливаются для сра­батывания в конце пути.

На гидротехнических сооружениях находят применение и бесконтакт­ные выключатели, работа которых основана на изменении их индуктив­ного или емкостного сопротивления при перемещении подвижного якоря. Такие выключатели малогабаритны, герметичны, с успехом работают в агрессивной среде, и в частности в подводных частях сооружений.

*Панели и пульты.* Аппаратуру управления и защиты располагают, как правило, на контакторных панелях, собранных из прямоугольных изоля­ционных плит и укрепленных на угловых стойках. Коммутационную аппа­ратуру, реле управления и защиты устанавливают на лицевой стороне с выводом защиты для монтажа с обратной стороны панелей, где находят­ся измерительные трансформаторы и пускорегулирующие резисторы. Раз­мещение чувствительных реле на контактных панелях в непосредствен­ной близости от мощных контакторов имеет существенный недостаток, заключающийся в ложных срабатываниях реле от вибрации, вызываемой включением и выключением контакторов. Поэтому на современных шлюзах чувствительную аппаратуру управления располагают на отдельных пане­лях, называемых панелями автоматики. Командоаппараты и приборы тех­нологического контроля и сигнализации устанавливают в полном объеме на центральном или в сокращенном на местном пультах управления. Все приборы и устройства на центральном пульте управления размещают в соответствии с мнемонической схемой объекта. Центральный пульт на­ходится в отдельном помещении, чтобы обеспечить оператору хорошую видимость объекта. Местный пульт обычно устанавливают непосредс­твенно около управляемого механизма и снабжают запирающейся крыш­кой.

1.4.в **Оперативная сигнализация.** К числу основных устройств сиг­нализации и контроля относятся устройства производственной ( опера­тивной, поисковой и аварийной ) сигнализаций. Среди них наиболее заметное место занимает оперативная сигнализация.

Для успешной работы оператор шлюза должен иметь возможность в любое время установить, в каком положении находятся ворота и затвор ( насколько они открыты или закрыты ), а также каковы уровни воды в камере и обоих бьефах. Для этой цели применяется оперативная указа­тельная ( индикаторная ) сигнализация. На (рисунке 6,а и б) изобра­жены показатели положения подъемно - опускных и двустворчатых во­рот. Основу указателей составляют сельсины, образующие систему синхронной связи (см. п. 30 ).

С приводом ворот связан ротор сельсина - датчика, который пово­рачивается при их перемещении. При этом поворачивается и ротор сельсина приемника, электрически соединенного с сельсином - датчи­ком. С сельсином - приемником, находящемся на центральном пульте управления, связан указатель, который и отражает положение ворот.

Указатель уровня воды в камере работает следующим образом. На одной из голов шлюза устанавливают колодец, сообщающийся с камерой, в который помещают поплавок, закрепленный на тросе и уравновешенный противовесом. При изменении уровня воды в камере поплавок поднима­ется или опускается, отчего начинает вращаются ролик, охватываемый тросом. Это вращение передается через редуктор сельсину - датчику и через сельсин - приемник отражается на экране стрелочного, ленточ­ного или цифрового указателя. Аналогично работают и указатели уров­ня воды в бьефах.

Как известно, дифференциальный сельсин - приемник позволяет оп­ределить угол рассогласования между роторами двух сельсинов - дат­чиков. Этот принцып положен в основу работы указателей ( индикато­ров ) разности уровней воды в камере, верхнем или нижнем бьефах и указателей перекоса затвора.

Обмотка статора дифференциального сельсина - указателя разности уровней получает питание от ротора сельсина - датчика, угол поворо­та которого зависит от уровня воды в бьефе ( верхнем или нижнем ), а обмотка ротора включена на зажимы ротора датчика, угол поворота которого зависит от уровня воды в камере. Указатель разности уров­ней воды необходим для управления воротами шлюза.

Указатель перекоса предусматривают, если затвор поднимается и опускается с помощью двух механически не связанных двигателей, ус­тановленных на противоположных устоях камеры. Даже при наличие " электрического вала " в таких случаях возможно появление перекоса. Перекос затвора весьма опасен из - за увеличения напряжений в нем и возможности его заклинивания, а также перегрузок электрических дви­гателей.

Статор дифференциального сельсина - указателя перекоса получает питание от ротора сельсина - датчика положения левой стороны затво­ра, а его ротор подключен к ротору сельсина - датчика положения правой стороны затвора. Если перекос превышает заданное максималь­ное значение, цепь управления данным приводом автоматически разры­вается.

Рассматриваемые приборы выполняют не только функции сигнализа­ции, но и контроля. Они имеют контакты, замкнутые при угле рассог­ласования, не превышающем заранее заданного значения, и разомкну­тые, если этот угол больше допустимого. Контакты указателей включа­ются в цепь соответствующих реле, а контакты последних - в цепь уп­равления. На (рисунке 6) приведена принципиальная схема оперативной указательной сигнализации для одного из шлюзов.

На схеме приняты следующие обозначения: ВСВ - датчик уровня воды верхнего бьефа; ВС11 - датчик положения ворот верхней головы; ВС12

- то же, правой стороны; ВЕВ2 - приемник разности уровней воды меж­ду верхним бьефом и камерой; ВЕВ - приемник абсолютного уровня воды верхнего бьефа; ВЕ1 - приемник положения ворот верхней головы; ВЕР1

- приемник перекоса ворот верхней головы; ВС2 - датчик уровня воды в камере; ВСН - датчик уровня воды в нижнем бьефе; ВС31 - датчик положения левой створки ворот нижней головы; ВС32 - датчик положе­ния правой створки ворот нижней головы; ВС41 - датчик положения ле­вого затвора галерей; ВС42 - то же правого затвора галерей; ВЕН2 - приемник разности уровней воды между камерой и нижним бьефом; ВЕН - приемник абсолютного уровня воды в нижнем бьефе; ВЕ31 - приемник положения левой створки ворот нижней головы; ВЕ32 - приемник поло­жения правой створки ворот нижней головы; ВЕ41 - приемник положения затвора левой галереи; ВЕ42 - приемник положения затвора правой га­лереи; KV2 - реле напряжения цепи питания сельсинов; КВ2 - реле разностей уровней воды межу верхним бьефом и камерой; КН2 - реле разностей уровней воды между камерой и нижним бьефом; KV1 - реле перекоса.

Как видно из схемы, в камере, в верхнем и нижнем бьефах, уста­новлено три датчика: ВС2 - датчик уровня воды в камере; ВСВ - дат­чик уровня воды в верхнем бьефе; ВСН - датчик уровня воды в нижнем бьефе, каждый из которых питает ротор обычного сельсина - указателя уровня. Кроме того, каждый из этих датчиков питает одну из обмоток дифференциальных сельсинов, контролирующих разность уровней. Для ворот верхней головы на схеме показано три датчика. Один из них - ВС1 - питает ротор приемника, указывающего положение затвора, два других - ВС11 и ВС12, связанных с левой и правой сторонами ворот, - питают дифференциальный сельсин - указатель перекоса. Что касается двустворчатых ворот и затвора водопроводных галерей, то на каждые створку и затвор установлено по одному датчику, питающему ротор приемника, который указывает положение той или иной створки или затвора.

Указатели разности уровней и перекоса снабжены контактной систе­мой. Контакты указателей включены последовательно с катушками про­межуточных реле разности уровней и перекоса.

Контакты SB2 и SH2 замкнуты при одинаковых уровнях, при неравных разомкнуты. Контакты SP1 замкнуты при перекосе, не превышающем за­данное значение, при большем перекосе они разомкнуты.

Оперативная сигнализация у различных шлюзов устроена неодинако­во. В качестве примера рассмотрим принципиальную схему оперативной ламповой сигнализации (рисунок 8), в которой КВ1 - контакт реле ми­гающего сигнала; SQ1 - SQ3, SQ6 и SQ7 - контакты путевого выключа­теля, замкнутые при открытых затворах ( воротах ); SQ4, SQ5, SQ8, SQ9 - то же, замкнутые при закрытых воротах; KV - контакт реле бло­кировки ворот, замкнутый при закрытых воротах; К12 и К32 - контакты реле разности уровней воды между камерой и верхним и нижнем бьефа­ми, замкнутые при уравненных уровнях. При открытом затворе горит зеленая лампочка Н3, при закрытом - красная НК, при движении затво­ра лампа мигает. Показанные на схеме замыкающие и размыкающие кон­такты являются вспомогательными контактами оперативных аппаратов управления операциями открытия О и закрытия Z затворов ( ворот ).

Пусть, например, ворота верхней и нижней голов шлюза закрыты, затворы водопроводных галерей открыты и уровень в камере выровнен с уровнем нижнего бьефа. В этом случае будут разомкнуты контакты пу­тевого выключателя SQ1, SQ4, SQ5 - SQ7 и замкнуты контакты SQ2, SQ3, SQ8, SQ9. Будут замкнуты замыкающие контакты KV1 и К12 и зак­рыты все показанные на схеме размыкающие контакты. В результате этого будут гореть красные лампы НК3, НК4, НК16 - НК18 и зеленые Н36 - Н39.

Пусть получают питание катушки оперативных контакторов КО1 и КО2, включающие двигатели приводов двустворчатых ворот в сторону открытия. Створки ворот придут в движение. При этом разомкнутся размыкающие контакты КО1 и КО2 и замкнутся замыкающие контакты КО1 и КО2. зеленые лампы НЗ13 - НЗ15 загорятся мигающим светом. Контак­ты путевого выключателя SQ8 и SQ9 разомкнутся, и красные лампы НК16- НК18 погаснут. Когда створки полностью откроются, потеряют питание катушки контакторов КО1 и КО2, откроются замыкающие контак­ты КО1 и КО2 и закроются размыкающие вспомогательные контакты КО1 и КО2. Поскольку при открытых створках контакты SQ6 и SQ7 замкнуты, зеленые лампы горят постоянным светом.

Ответной частью оперативной сигнализации является та часть, ко­торая относится к изменению уровней воды и перепадов. На многих шлюзах эти устройства объединяют в общий водокомандный или водомер­ный прибор. В качестве примера приведена схема комбинированных во­домерных приборов, которые измеряют уровни воды в камерах и бьефах, показывают их отметку и значение напоров на верхние и нижние воро­та.

Комплект водомерного прибора состоит из трех пар сельсинов ВС ( датчик ) и ВЕ ( приемник ). Они работают на исполнительные двигате­ли М через дифференциальную механическую передачу, приводящую в движение счетное цифровое устройство и вспомогательные контакты. Функциональная схема одной пары сельсинов прибора приведена на (ри­сунке 9). Прибор работает по принципу фазового управления, при ко-

тором у исполнительного двигателя нагрузки по току независимо от

угла рассогласования сельсинов всегда остаются примерно одинаковыми

по значению.

Особенностью и ценным свойством прибора является его самосинхро­низация, заключающаяся в способности системы приходить в состояние согласования при появлении электрического питания, если рассогласо­вание произошло при его отсутствие. Это достигается благодаря тому, что предельный угол поворота ( рассогласования ) роторов сельсинов принят меньше 180о . Однако опыт эксплуатации комбинированных водо­мерных приборов показал, что чувствительность их при измерениях пе­репадов уровней 15 - 20 м недостаточна.

Для шлюзов с малым напором а также для бьефов, в которых измене­ния уровня воды сезонные и при шлюзовании не превышают 1,5 - 3 м, можно повысить чувствительность следящей системы при фазовом управ­лении увеличением угла поворота роторов сельсина - датчика и сель­сина - приемника ( в пределах 160о ) на единицу перепада уровня во­ды. Для изменения соотношения перепада воды и угла поворота роторов в этом случае необходимо изменить соответствующим образом переда­точные числа механизмов от поплавка к сельсину - датчику и от ис­полнительного двигателя к сельсину - приемнику и счетному механиз­му.

1.4.г. **Поисковая сигнализация.** Бесперебойность работы шлюза в значительной степени зависит от того, как быстро будет найдена и ликвидирована неисправность в цепи управления, в результате которой тот или иной привод отказывает в работе. Такой неисправностью часто может быть разрыв цепи управления из - за того, что какой - либо контакт в ней не сработал, то есть оказался разомкнутым. Поскольку таких контактов в схеме электроприводов шлюза очень много, нахожде­ние неисправного контакта без специального устройства, называемым искателем повреждений, представляло бы большую трудность.

Простейший искатель повреждений состоит из коммутатора SA и сиг­нальной лампы HL, включаемых параллельно контролируемой цепи (рису­нок 10). При неисправности контролируемую электрическую цепь прове­ряют поворотом рукоятки искателя, передвигая ползунок по контактам, наблюдают за сигнальной лампой. По положению ползунка в котором за­горается лампа, находят неисправный контакт или участок цепи.

Усовершенствование рассмотренного искателя повреждений является автоматический искатель. У него ползунок перемещается специальным импульсным ( шаговым ) двигателем, который приходит в движение вся­кий раз, когда нарушается блокировочная цепь. Это происходит в ре­зультате замыкания размыкающего контакта контактора или реле, вклю­ченного в цепь блокировки. С помощью шагового двигателя ползунок искателя толчками перемещается с контакта на контакт и при достиже­нии места разрыва останавливается. После восстановления цепи им­пульсный двигатель доводит ползунок до начального, нулевого, поло­жения.

На статоре 1 шагового двигателя (рисунок 11) имеются две обмотки постоянного тока, состоящие из трех катушек каждая. Катушки надеты на сердечник статора. Якорь шагового двигателя 2 имеет два полюса. При включении тока в одну из групп катушек другая группа, против которой находится полюсы якоря, отключаются. В результате якорь по­ворачивается на одно полюсное деление. Затем ток включается в дру­гую группу катушек, а ранее включенная отключается и якорь повора­чивается еще на одно полюсное деление.

Таким образом, посылая ток то в одну, то в другую группу катушек двигателя, получают "шаговое" вращение якоря и ползункового уст­ройства искателя повреждений.

Ползунковые и автоматические искатели имеют существенные недос­таток - от искателя к каждому проверяемому контакту необходимо прокладывать отдельный провод, а это, при значительном числе блоки­ровочных устройств, требует очень много контрольных кабелей. Кроме того, большое количество проводов и контактов, само по себе услож­няя установку, делает ее менее надежной. В связи с этим было сконс­труировано более совершенное и надежное телемеханическое устройство

- телеискатель.

К элементам, обеспечивающим работу телеискателя (рисунок 12), относятся: реле искателя KV1; реле блокировки KV; линейный контак­тор КМ; размыкающий контакт промежуточного реле максимальной защиты KVA; замыкающий контакт промежуточного реле кнопки "Стоп" KVS; за­мыкающий контакт реле восстановления К1; контакт датчика S, замкну­тый только в нулевом положении SA. При нормальной работе схемы, когда ни одно из максимальных реле не сработало и замкнуты все кон­такты путевых выключателей, контакты KVA, KVS, KV и KM замкнуты, катушки линейного контактора КМ и реле блокировки KV получают пита­ние. При этом подвижной контакт телеискателя SA находится в нулевом положении ( как показано на схеме ), размыкающий контакт КМ разомк­нут и нижняя часть схемы не работает ( реле времени КТ1 - КТ3 обес­точены ).

Если, например, сработает какое либо реле защиты ( пусть К5Н ), сразу же получит питание катушка KVA ( на схеме не показана ), ко­торая разомкнет свой размыкающие контакты. В результате катушка КМ лишается питания и ее замыкающий контакт КМ размыкается, а размыка­ющий контакт КМ замыкается. Аналогичная картина наблюдается при размыкании какого - либо контакта путевого выключателя. В этом слу­чае теряет питание катушка блокировочного реле KV и размыкается за­мыкающий контакт в цепи катушки КМ.

В результате замыкания контакта КМ получает питание катушка КТ1, реле срабатывает и замыкает свои замыкающий контакт КТ1, который замыкает цепь катушки КТ2. Последняя, получив питание, размыкает размыкающий контакт в цепи катушки КТ1 и отключает ее от сети, но сама не теряет питание, так как получает его через контакт КТ1, размыкающийся с выдержкой времени. Кроме того, реле КТ2 замыкает контакты КТ2 и тем самым подготовит к работе реле КТ3 и обеспечит питание первой группы обмоток шаговых двигателей L1M1 и L1M2. Рото­ры обоих двигателей поворачиваются на один шаг, и подвижной контакт комутатора SA переходит в положение 1.

Если контакт К1Н замкнут, через него получает питание катушка KV1, замыкающий контакт которой шунтирует контакт S, размыкающийся при переходе контакта SA с нулевого в первое положение.

Вернемся теперь к работе реле времени КТ1 - КТ3. Поскольку реле КТ2 отключило катушку КТ1, то с выдержкой времени оно само потеряет питание, но при этом замыкается размыкающий контакт КТ1 в цепи ка­тушки реле КТ3. Последнее, сработав, подает питание во вторую груп­пу обмоток шаговых двигателей L2M1 и L2M2. Роторы двигателей пово­рачиваются на следующий шаг, и подвижной контакт коммутатора пере­мещается в положение 2. В связи с тем что катушка КТ2 отключилась, вновь замыкается размыкающий контакт КТ2 в цепи КТ1 и схема прихо­дит в первоначальное положение. Опять срабатывают реле КТ1 и КТ2 и через контакт КТ2 получает питание первая группа обмоток L1M1 и L1M2 и т.д., пока подвижной контакт коммутатора не переместится в положение 5. По принятому выше условию контакт К5Н разомкнут. Поэ­тому реле KV1 теряет питание и катушки КТ1 - КТ3 обесточиваются. Шаговые двигатели останавливаются. Положение подвижного контакта коммутатора указывает место повреждения. Поскольку одинаковое число шагов сделают двигатели датчика и приемника, то указатель, связан­ный с последним, покажет номер разомкнутого контакта в цепи управ­ления.

После устранения неисправности телеискатель вновь начинает рабо­тать и его подвижной контакт доходит до последнего положения ( на схеме положение 15 ). При восстановлении схемы ( срабатывания реле восстановления и закрытия его замыкающего контакта К1 ) подвижной контакт коммутатора перемещается в нулевое положение и схема иска­теля опять готова к работе. Датчик искателя находится непосредс­твенно у механизма, а его приемник - на центральном пульте управле­ния. Датчик и приемник соединены двумя проводами.

1.4.д. **Светофорная сигнализация.** Светофорная сигнализация шлюзов может быть различной по количеству светофоров и числу огней в них. На (рисунке 13) приведена одна из возможных схем расстановки свето­форов для однокамерного шлюза. В пределах камеры вблизи каждых во­рот устанавливают двузначные выходные светофоры Н13, Н23. Зеленый огонь разрешает выход из камеры, красный запрещает его. Вен камеры, в непосредственной близости от нее, у каждых ворот размещают вход­ные светофоры Н12, Н22. Кроме того, на каждом бьефе на расстоянии 400 - 600 метров от камеры располагают светофор дальнего действия Н11, Н21. Иногда между входным и дальним светофорами устанавливают­ся и промежуточные светофоры. Принципиальная схема управления огня­ми светофоров верхней головы приведена на (рисунке 14).

Светофорами управляют при помощи специальных выключателей S21, S22, S23. При этом цепи питания ламп входных и выходных светофоров сблокированны с соответствующими воротами таким образом, что зеле­ный ( разрешающий ) огонь может быть включен только при полностью открытых воротах.

Из приведенной схемы видно, что при разомкнутых контактах S21, S22 и S23 горят красные огни, так как обесточены катушки реле К1, К3, и К5 и их размыкающие контакты замыкают цепи в первичных обмот­ках трансформаторов. При этом срабатывают катушки реле К2, К4, К6, замыкающие контакты которых включают красные сигнальные лампы на пульте.

Если, например замкнуть контакт S21, то получит питание первич­ная обмотка трансформатора Т1 - загорится зеленый огонь на дальнем светофоре. Включенное последовательно с этой обмоткой реле К1 сра­батывает, размыкаются его размыкающие контакты, которые прерывают ток в первичной обмотке трансформатора Т2. Одновременно замыкаются его замыкающие контакты , которые включают зеленую лампу на пульте управления.

Переключение огней входных и выходных светофоров при цикловом шлюзовании автоматизируется. Это значит, что при открытии соответс­твующих ворот в зависимости от направления шлюзования может автома­тически включатся разрешающий зеленый огонь на входном или выходном светофоре. Чтобы оператор был всегда осведомлен о цвете огней на светофорах и их исправности, на центральном пульте управления уста­навливают лампы, дублирующие огни светофора. Эти лампы включаются таким образом, что при погасании лампы светофора немедленно гаснет соответствующая сигнальная лампа на пульте управления. Для этого последовательно с первичной обмоткой трансформатора, питающего дан­ную лампу светофора, включается катушка одного из чувствительных реле К1 - К6. При нормальной работе светофора ток, текущей по ка­тушке реле, достаточен для того, чтобы закрылись его замыкающие контакты и включили сигнальную лампу. Если нить лампы светофора пе­регорит или произойдет обрыв цепи вторичной обмотки трансформатора, ток, текущий по первичной обмотке трансформатора, уменьшается и за­мыкающие контакты реле разомкнутся.

1.4.е. **Элементы и устройства электроснабжения.** К числу основных элементов и устройств для обеспечения гидротехнических сооружений электрической энергией относятся: силовые трансформаторы, распреде­лительные устройства снабжением свыше 1000 В, шкафы распределитель­ные силовые и кабельные сети.

*Силовые трансформаторы.* В качестве силовых трансформаторов на

гидротехнических сооружениях применяются масляные трансформаторы

типа ТМ, осуществляющие трансформацию электрической энергии напря­жения 6, 10, 35 кВ в напряжение приемников электрической энергии, равное 0,4 кВ. Трансформаторы, как правило, с естественным охалож­дением устанавливаются в ячейках специальных помещений, находящихся в непосредственной близости от приемников электрической энергии. В полу ячеек размещают маслоприемник для слива масла в случае аварии с трансформатором, которые засыпают крупным гравием и щебнем. Для отбора пробы масла в нижней части трансформатора предусматриваю специальный отборный кран. Для изменения выходного напряжения сило­вого трансформатора в процессе эксплуатации на +5% предусматривает­ся возможность переключения обмоток в обесточенном состоянии транс­форматора.

*Распределительные устройства напряжением свыше 1000 В.* Для уп-

равления трансформаторами, питающимися и отходящими линиями приме­няются распределительные устройства ( РУ ) напряжения до 1000 В. В ячейках этих устройств устанавливают коммутационные защитные, изме­рительные и сигнальные устройства. В качестве коммутационных аппа­ратов используются шинные и линейные разъединители, выключатели нагрузки и масляные выключатели. Коммутационные аппараты снабжают ручным и двигательным приводом. Наиболее распространенным типом привода на трансформаторных подстанциях гидротехнических сооружений является привод ПРБА рычажный с блинкером срабатывания, максималь­ной и минимальной защитой, действующей на отключение. Для систем с автоматическим отключением резерва ( АВР ) применяется привод дис­танционного управления типа УГП - универсальный грузовой привод с автоматической защитой. На гидротехнических сооружениях используют РУ закрытого исполнения, предназначенные для размещения в отдельных помещениях трансформаторных подстанций или в отдельных помещениях поблизости от силовых трансформаторов.

*Шкафы распределительные силовые.* Служат для распределения элект­роэнергии от силового трансформатора по группам электроприемников и отдельным крупным приемникам. Силовые распределительные щиты комп­лектуются из стандартных панелей и содержат сборные шины, коммута­ционную аппаратуру, защиту, сигнализацию и контрольно - измеритель­ную аппаратуру. На гидротехнических сооружениях получили распрост­ранение распределительные щиты с двусторонним обслуживанием. На ли­цевой стороне таких щитов размещены приводы коммутационных аппара­тов, измерительные и сигнальные устройства, а токоведущие части расположены на обратной стороне панелей. Широко применяются комп­лектные распределительные щиты закрытого типа, в которых в качестве коммутационной и защитной аппаратуры используются электромагнитные аппараты управления. Распределительные щиты устанавливают в отдель­ном помещении преимущественно вблизи от центрального пульта управ­ления.

*Кабельные сети.* В качестве распределительных сетей на гидротех-

нических сооружениях применяются электрические кабели. Для силовых

цепей при напряжении до 1000 В преимущественно используются брони­рованные кабели с медными жилами, свинцовой оболочкой и бумажной изоляцией СБТ. Находят применение так - же силовые кабели с алюми­невыми жилами в свинцовой или алюминевой оболочке АСБ и ААБ.

В качестве контрольных кабелей преимущественное распространение получили бронированные кабели со свинцовой или виниловой герметизи­рующей оболочкой с медными жилами КСРБ и КВРБ.

Для присоединения подвижных электроприемников и переносной электроаппаратуры применяются гибкие шланговые кабели с резиновой изоляцией КРПТ, ШРПС и ШРМ.

Удобство монтажа и обслуживания обеспечивает маркировка кабелей и кабельных жил с указанием типа кабеля и назначения жил.

2. **ОПИСАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО ОБЪЕКТА**

Затворы, которые служат для перекрытия судоходных отверстий в головах шлюзов, называют воротами. В зависимости от назначения и условий работы ворота подразделяются на основные , ремонтные и ава­рийные. Основные рабочие ворота предназначены для непосредственного выполнения операций по пропуску судов через шлюз, ремонтные приме­няются для закрытия судоходных отверствий при ремонте основных во­рот и подводных частей сооружения, а аварийные перекрывают поток воды при повреждений рабочих ворот. Рабочие ворота могут использо­ваться для наполнения и опорожнений камеры. При выборе типа и конс­трукции ворот, наряду с требованиями достатичной прочности и жес­кости, экономности и ремонтопригодности, необходимо учитывать удобство их в эксплуатации и надежности в работе.

Различные размеры камер шлюзов и величины напоров, а также раз­нообразие требований вызвали появление многочисленных конструкций шлюзовых ворот. Все ворота разбиваются на две большие группы: одно­полотные двухполотные (двустворчатые ). Однополотные ворота бывают плоскими, поворотными на вертикальной или горизонтальной оси, подъ­емными, опускными и откатными, сегментными и секторными. Двуствор­чатые ворота бывают плоскими, цилиндрическими и сегментными ( с вертикальными осями вращения ).

Рабочие ворота всех типов должны выдерживать кроме гидростати­ческих и гидродинамических нагрузок в закрытом положении, возможные случайные удары от навалов на них судов, подходящих со стороны верхних бъефов.

В настоящее время наибольшее распространение получили двуствор­чатые ворота, главным образом, для нижних голов шлюза, плоские опускные ворота - для верхних. Однотипные, откатные и подъемные, сегментные и платянные находят меньшее применение и не рекомендуют­ся к разработке в проектах без специального обоснования.

Широкое применение двустворчатых ворот обусловленно их высокой надежностью в работе, меньшим весом конструкции и механизмов и, следовательно, более высокими экономическими покозателями. Они мо­гут удерживать большие напоры воды, они применяются в качестве ос­новных ворот на нижних головах шлюзов. Лиш в отдельных случаях они применяемы на верхних и средних головах. В условиях колебания уров­ней воды в верхнем бъфе применение двустворчатых ворот на верхней голове нерационально, из - за возникающих трудностей при створении, а также повышенных нагрузок на механизмы ворот. Двустворчатые воро­та применяются также в качестве ремонтных ворот как на верхней так и на нижней головах. Наполнение и опорожнение шлюзов, оборудованных двустворчатыми воротами, производится, как правило, через водона­порные галереи, а также через специальные отверствия в полотнищах ворот, перекрываемых клинкетами.

2.1. **Элементы ворот и действующие нагрузки.** Двустворчатые ворота состоят из двух полотен опирающихся в закрытом состоянии друг на друга опорными подушками створных столбов. В открытом состоянии, при пропуске судов, створки входят в расположенные в устоях верти­кальные ниши, называемые шкафами.

Набор полотна включает в свой состав раму с вертикальными или горизонтальными ребрами. Эти части ворот имеют следующие названия: горизонтальные ребра - ригели, вертикальные ребра - стойки.

Сама рама имеет по оси вращения - вереяльный столб; по створу - створный столб; по верху - верхний ригель; по низу - нижний ригель; по диагонали - диагональные связи. Конструктивная схема ворот пока­зана на (рисунке 15).

Плоские двустворчатые ворота встречаются с полотнами ригельной системы, а также стоечной. Ориентировочно, если высота ворот больше 0,75 длинны, применяют ригельную систему, а при меньшей - стоечную.

Конструкция плоских ригельных ворот показанна на (рисунке 15). Против каждого ригеля на вереяльном и створном столбах расположены упорные подушки. Через упорные подушки створки опираются друг на друга в створе и передают давление воды на закладные подушки устоев головы. Ригели - балки составного двухстворового сечения со сплош­ной стенкой. Стрингеры - продольные ребра, предназначены для увели­чения устойчивости обшивки при работе ее на сжатие в общей системе ворот. Они устанавливаются между ригелями и представляют собой бал­ки прокатного профиля. Вереяльные створные столбы выполняются в ви­де коробчатых балок трапецидального сечения. В верхней части вере­яльного столба закрепляется ось гальсбанда, а в нижней - надпятник.

Для обеспечения устойчивости ригелей при продольном сжатии ста­вят диафрагмы по длине створки на расстоянии 1,7 - 2,7 м.

С целю уменьшения перекоса створки от собственного веса делаются диагональные связи. В верхней части створных столбов устанавливают­ся захваты для обеспечения точного створения ворот.

Основным условием, обеспечивающим нормальную работу ворот, явля­ется сохранение их геометрических размеров. При эксплуатации изме­нение длинны створок происходит в следствии упругой деформации ри­гелей, створных столбов, износа вкладышей и их деформации. Уменьше­ние длинны створок ведет к уменьшению стрелы подъема арки и увели­чению продольных усилий в ригелях ворот при напоре.

Практика показывает, что просадка ворот может достигать значи­тельных величин ( до 50 - 100мм ). С увеличением срока эксплуатации

эти величины возрастают. Посадка также отрицательно сказывается и

на работе пятового устройства.

Ввиду того что обычные способы не дают точных значений просадки по нижнему ригелю, применяются различные устройства для контроля посадки ворот, позволяющие вести соответствующие наблюдения. Опи­санное снизу подобное устройство (рисунок 16) по принципу работы электромеханическое. Датчиком служит рычажно - пружинная механичес­кая система, а передающий элемент - электрический.

Механический датчик контроля ворот работает следующим образом. При подходе створки к порогу шток через тягу и стакан пружины пере­дает движение двуплечному рычагу стрелки, которая поворачивается на соответствующий угол на торированной шкале, указывает прогиб ворот.

Пятовые устройства - наиболее ответственные узлы ворот. При вра­щении створки пята воспринимает ее вес и горизонтальную составляю­щую нагрузки от сил перепада уровней воды и ветровой нагрузки на выступающую подветренную часть ворот. Величина перепада при откры­тии ворот принимается равной 0,15м.

Конструкция пяты двустворчатых ворот состоит обычно из двух ос­новных частей - надпятника, укрепленного на створе ворот, и подпят­ника, заделанного в бетон. Расположенная под водой и требующая для своего осмотра и ремонта откачки камеры пята является весьма от­ветственной частью ворот, работа которой должна быть особенно на­дежна.

Конструкций пят существует несколько. во всех конструкциях сох­раняется эксцентриситет в плане ( смещение ). Все пяты грибовидные и отличаются способом крепления хвостовика гриба устройства. Имеют­ся конструкции пят, где между подвижными и неподвижными частями подпятника устанавливаются кольца из пластин красной меди. Надпят­ник выполнен из стального литья за одно целое с упорной подушкой и прикрепленной болтами к нижней части вереяльного столба. В надпят­нике закреплен бронзовый вкладыш, в который входит грибовидная пята из нержавеющей стали. Хвостовик пяты крепится в отливке, которая, в свою очередь устанавливается в бетонном основании и крепится фунда­ментными болтами.

Гальсбанд является верхней опорой створки, удерживающей ее от опрокидывания.

С его помощью производится установка вертикального положения створки. Гальсбанд представляет собой конструкцию, состоящую из ко­лец, охватывающих шейку или шип на створке ворот, и двух горизон­тальных тяг, соединенных с элементами, заделанными в бетонную клад­ку устоя. Вращая гайки стяжек, можно изменять их длинны и, следова­тельно, устанавливать положение оси гальсбанда. Для облегчения вра­щения стяжных гаек применяется дифференциальная резьба. Устанавли­вая створку по направлению одной из тяг, разгружается для регули­ровки вторая.

Вереяльные "шарниры" ворот состоят из закладных и упорных поду­шек.

Закладная подушка воспринимает давление от трехшарнирной арки и передает его на бетон, этим и объясняется большие размеры основания подушек. В бетоне закладная подушка закрепляется анкерными болтами. Овальные отверстия для анкерных болтов позволяют регулировать ее установку. Упорная подушка, также как и закладная, отливается из стали, а ее пазы заливаются баббиттом или компаундом из эпоксидной смолы. Такие подушки устанавливаются на створном столбе, вторая упорная подушка створного шарнира не имеет вкладыша, заливаемого баббиттом.

2.2. **Приводной механизм для перемещения двустворчатых ворот.** На­ибольшее распространение в качестве приводов двустворчатых во-

рот получили плоские шарнирные механизмы - кривошипно - шатунные, реечные, штанговые. наряду с этими механизмами применяются также канатные механизмы, которые установлены на отдельных шлюзах.

Кривошипно - шатунные механизмы (рисунок 17) применяются при ши­рине камеры шлюза, не превышающей 22м, для камер с шириной 18м они наиболее рациональны, так как имеют кривошипное колесо небольшого размера.

Механизм имеет шарнирно прикрепленную к колесу тягу - шатун, со­единенно шарнирно со створкой примерно на 1/3 ее длинны от оси ве­реяльного столба. Соединение шатуна - штанги с полотном и ведущим колесом выполняется эластичным при помощи упругого звена - пакета тарельчатых пружин, встроенных в звено. Диаметр большого колеса вы­бирается с таким расчетом, чтобы при перемещении створки из закры­того положения в открытое и обратно колесо поворачивалось на угол 180о - 200о. Пакет тарельчатых пружин позволяет осуществлять дожим створки за счет деформации пружин, а также уменьшает пиковые дина­мические нагрузки, появляющие в период пуска механизма и при его стопорении.

Основное достоинство кривошипно - шатунного механизма (рисунок

18) - плавность изменения скорости ( от нуля в начале движения с возрастанием примерно по синусоидальному закону до среднего положе­ния створки и уменьшения до нуля в конце движения по тому же закону ). Такой характер движения створок необходим для получения правиль­ного и спокойного створения ворот. Кривошипно - шатунный механизм в силу указанных кинематических достоинств дают минимальное ускорения и силы инерции в период неустановившихся режимов.

Такие механизмы наиболее безопасны в действии, доступны для ос­мотра и ремонта и удобны в эксплуатации. Недостатком их является то обстоятельство, что тяговое усилие прикладывается к верхнему ригелю на растоянии 1/4 - 1/3 его длинны ( считая от оси вращения полотна ) в то время как равнодействующая сопротивлений движению полотна ворот находящихся в нижней его части. Момент, изгибающий полотно в направлении, перпендикулярном его плоскости, тем больше, чем выше отметка верхнего ригеля ворот над уровнем нижнего бъефа и чем боль­ше высота ворот.

К числу недостатков этих механизмов следует отнести также появ­ление значительных тяговых усилий в шатуне, большие размеры ведуще­го колеса ( диаметр колеса достигает 5 -7м ), что связано с увели­чением площади устоев.

2.3.**Определениемощности и выбор электродвигателя для****электро-**

**механического привода двустворчатых ворот судоходного шлюза*.***

Электроприводы основных механизмов судоходных гидротехнических сооружений являются ответственными элементами электрооборудования шлюзов. Несоответствие выбранного привода технологическому режиму, неполный счет факторов, воздействующих на привод в процессе эксплу­атации, может привести к сбоям в работе, перерывам в шлюзовании и даже к аварии на шлюзе. Учитывая, что выход из строя шлюза приводит к частичному или полному ( на одиночны шлюзах ) прекращения судап­ропуска, вопрос правильного выбора электропривода, и, в частности, электродвигателя - основного элемента привода - является весьма полным и актуальным.

Выбор электродвигателя для шлюзовых механизмов производится на основание предварительно построенного графика нагрузки. Затем выб­ранный электродвигатель подвергается проверкам. Если электродвига­тель не удовлетворяет какой - либо проверки, то необходимо взять другой и вновь произвести все проверки.

2.3.1.*Исходные данные.* hк = 18 м; ширина камеры; Нм = 15 м; высота створки; h = 5 м; заглубление створки; Dhс = 0,15 м; перепад на створку;

iз = 2300; передаточное число редуктора и открытых зубчатых пере дач;

h = 0,74; КПД редуктора и открытых зубчатых передач;

Fдоп = 55\*104 Н; допустимое усилие в тяговом органе;

Dfз = 20 рад; приведенный к валу двигателя зазор в передачах;

С = 18\*106 Н/м; жесткость демпферных пружин; tс = 80 с; продолжительность закрытия ворот;

2.3.2. *Определение статических моментов сопротивления.*

Створки ворот, перемещаются в воде, испытывает знакопеременные нагрузки, вызванные влиянием внешних факторов.

Учитывая, что двигатель должен преодолеть эти нагрузки, момент его на валу будет также изменятся в довольно широких пределах. Поэ­тому, для правильного выбора двигателей необходимо знать область изменения статического момента сопротивления.

При движении в установившемся режиме на створку ворот действует нагрузка, в которую входят следующие составляющие; - момент от силы трения в пяте и гальсбанде ( Мтр ); - момент сил ветровой нагрузки ( Мв ); - момент сил, вызванных, гидростатическим давлением воды на створку ( Мh ); - момент сил вызванных воздействием масс воды при движении створки ( Мг ), который включает: моменты сил, вызванных изменением инерции присоединенных к створке масс воды:

Момент от сил трения определяется по выражению ( в Нм ):

Мтр = 2/3\*f1\*Fn\*rn+f2\*Fг\*rг; где

f1 = 0,25 - коэффициент трения пятового устройства;

f2 = 0,5 - коэффициент трения гальсбанда;

rn = 0,2 м - радиус пяты;

rг = 0,1 м - радиус гальсбанда;

Fn = G+g\*hm\*l - реакция в пяте; ( Н )

G - вес створки; ( Н )

G = 500\*(Hn\*l)3/2

g = 4000 ( H/m2 ) - удельная нагрузка на створку, создаваемая механизмами и людьми, находящимися на мостике ворот;

l = 0,5\*hк/cos202 - длинна створки; ( м )

hm = 1,2 ( м ) - ширина мостика;

Fг = Fn\*l/(2\*Hn) - усилие в галсбанде; ( Н )

l = 0,5\*h /cos20 = 0,5\*18/0,44 = 9,57 ( m )

G = 500\*(Hn+l)3/2 = 500\*(15\*9,57)3/2 = 859958,2 ( H )

Fn = G+g\*hm\*l = 859958,2+4000\*1,2\*9,57 = 905889,2 ( H )

Fг = Fn\*l/(2\*Hn) = 905889,2\*9,57/(2\*15) = 288978,6 ( H )

Mтр = 2/3\*f1\*Fn\*rn+f2\*Fг\*rг = 2/3\*0,25\*905889,2\*0,2+0,5\*

\*288978,6\*0,1 = 44645,2 ( Н\*м )

Момент сил ветровой нагрузки определяется по формуле;

Мв = 0,5\*ко\*gо\*l2\*(Hn-h)\*sinQ; в ( Н\*м ) где

Ко = 1,4 - коэффициент обтекания;

gо = 150 ( Н\*м2 ) - скоростной ветровой напор;

Q = угол поворота створки ( Q = 0о - при открытом положении во­рот );

Значение НВ рекомендуется определять через каждые 10о угла пово­рота створки ( полный угол поворота створки составляет 70о ).

Гидростатическое давление воды на створку создается из - за пе­репадов уровней воды, которые возникают в следствие инерционных ко­лебаний воды в бъефе, вызванных наполнением апоражнением камеры шлюза, преждевременного начала открывания ворот до полного выравни­вания уровней воды в камере и подходном канале из-за наличия пог­решностей в водомерных приборах, а также вследствие разности отме­ток уровней в камере и бъефе при запоре и выпуске воды помимо под­ходных каналов. Следует иметь в виду, что перепады уровней воды возникают практически только в интервале угла поворота от 50о до 70о.

Величина момента, вызванного перепадом, расчитывается по формуле в ( Н\*м );

Mh = 0,5\*Dhc\*l2\*h\*Yв, где.

Yв = 9,81\*103 ( Н\*м-3 ) - удельный вес воды

Mh = 0,5\*0,15\*9,522\*5\*9810 = 336918 ( Н\*м );

при Q = 0о Мв = 0 ( Н\*м )

при Q = 10о Мв = 0,5\*1,4\*150\*9,57\*(15-5)\*sin10о = 16698,7 ( Н\*м )

Данные расчеты ведутся через 10о. результаты расчета сводятся в таблицу;

|  |  |
| --- | --- |
| Q; град | Мв; Н |
| 0 | 0 |
| 10 | 16698,7 |
| 20 | 32890 |
| 30 | 48082,1 |
| 40 | 61813,1 |
| 50 | 73666 |
| 60 | 83280,6 |
| 70 | 30364,7 |

Момент сил, вызванных воздействием масс воды движением створки ( Мг ), зависит от скорости движения створки, ее положения, заглубле­ния и кинематической схемы. Точный расчет этого момента сложен. Од­нако с достаточной для инженерных расчетов точностью величину Мг можно принять постоянной во всем диапазоне угла Q, равной:

Мг = 0,2\*336918 = 67383,6 ( Н\*м )

Определив все вышесказанные моменты, строится график зависимости статического момента сопротивления на оси створки от ее угла пово­рота. Очевидно, что в зависимости от направления ветра и перепада момента Мh и Мв могут как препятствовать, так и способствовать дви­жению створки. В соответствии с этим график Мс(Q) = Мтр+Мг+Мh+Мв строится для двух случаев:

- моменты Мh и Мв препятствуют движению;

- моменты Мh и Мв способствуют движению;

График Мс(Q)строятся через 10о угла поворота створки: ( рисунок 19 ).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Q; град | Мс(Q); Н\*м 1 режим | Мс(Q); Н\*м 2 режим |
| 0 | 112028,8 | 112028,8 |
| 10 | 128727,5 | 95330,1 |
| 20 | 144918,8 | 79138,8 |
| 30 | 160110,9 | 63946,7 |
| 40 | 173841,9 | 50015,7 |
| 50 | 598612,8 | 298555,2 |
| 60 | 532227,4 | 308169,8 |
| 70 | 539311,5 | 315253,9 |

2.3.3. *Предварительный выбор электродвигателя*.

Необходимая мощность электродвигателя, намеченного к установке, определяется из выражения ( в кВт ):

P' = Mс.max\*wст.ср./(1000\*h),

где Mс.max - максимальный момент сопротивления, определяется по графику Мс(Q), Н\*м;

wст.ср. = Qст/tc - средняя угловая скорость створки, ( с-1 );

Qст = 1,222 - полный угол поворота створки, ( рад ) wст.ср. = 1,222/80 = 0,015 ( с-1 );

P' = 539311,5\*0,015/(1000\*0,74) = 11 ( кВт );

Частота вращения электродвигателя определяется в соответствии с wст.ср. по формуле ( в об.мин-1);

n = kw\*30\*aт\*iз/(p\*tc), где.

aт - полный угол поворота выходного вала передачи ( колеса ) при перемещение створки от открытого до закрытого положения ( определя­ется по кинематической схеме механизма ), рад;

kw = 1,3 - коэффициент, учитывающий работу двигателя в переход­ных режимах и на пониженной частоте вращения при створении и при входе в шкафную часть.

n = 1,3\*30\*2,6\*2300/(3,14\*80) = 928 (об/мин).

По величине P' и n по каталогу предварительно выбираем двигатель кранового типа при ПВ = 95 % мощностью равной или ближайшей боль­шей.

Выбираем электродвигатель MTF 311-6

Рн = 13 ( кВт ) n = 135 (об/мин) J = 0,3 (кг/м2)

2.3.4.*Определение момента сопротивления приведенных к валу дви­гателя.*

Величины моментов сопротивления, приведенных к валу двигателя ( M'с ), необходимо определить во всем диапазоне перемещения створки для обоих расчетных режимов.

Расчет M'с = f(Q) производим через 10o угла поворота створки. Для определения M'с = f(Q) необходимо определить полное переда-

точное число:

i = f(Q); i = iз\*iм, где iм = f(Q)

iм = ВО1/СО, где СО определяется из диаграммы перемещения. Приведения осуществляются по формулам:

Мс' = Мс/(i\*h) - двигательный режим;

Мс' = Мс\*h/i - тормозной режим;

Результаты вычислений заносим в таблицу;

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Q; град | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| СО; м | 0,64 | 1,5 | 1,79 | 19,5 | 1,99 | 1,88 | 1,59 | 0,75 |
| iм; м | 5,23 | 2,23 | 1,87 | 1,72 | 1,68 | 1,78 | 2,11 | 4,47 |
| i; м | 12029 | 5129 | 4301 | 3956 | 3864 | 4094 | 4853 | 10281 |
| Мс'; Н\*м  двигат | 12,6 | 33,9 | 45,5 | 54,7 | 60,8 | 172,5 | 148,2 | 70,9 |
| Мс'; Н\*м  тормоз | 6,9 | 13,8 | 13,6 | 12 | 9,6 | -54 | -47 | -22,7 |

По результатам в таблице, строим график зависимости Мс'= f(Q). ( рисунок 20 ).

2.3.5.*Проверка предварительно выбранного двигателя.* Предварительно выбранный двигатель в общем случае должен быть

проверен на нагрев, динамическую и перегрузочную способность. Однако, в следствии того, что цикл шлюзования довольно значите-

лен ( 30 минут и более ), а длительность работы привода ворот в

цикле не выше ( порядка 3 - 4 минуты ), тепловой режим двигателя

достаточно легкий. Поэтому проверку предварительно выбранного дви­гателя в этом случае можно на нагрев не производить, а ограничется проверками на динамическую и перегрузочную способности.

Вместе с тем электродвигатель двустворчатых ворот требует специ­фической проверки по аварийному режиму работы из условия "наезд на препятствие" ( внезапное столкновение ), выполнение которой целесо­образно до основных проверок.

а) *Проверка по режиму внезапного стопорения*

При внезапном стопорение створки кинематическая энергия, запа­сенная ротором двигателя и вращающимися элементами передач, перехо­дит в энергию упругих колебаний и дополнительно нагружает механизм.

Проверка по режиму внезапного стопорения позволяет уточнить час­тоту вращения электродвигателя, откоректировать передаточное число механизма и жесткость упругих элементов.

При расчете режима внезапного стопорения не учитываются демпфи­рующие способности двигателя и принимается, что продолжительность развития нагрузки больше полупериода колебаний.

В этом случае величина момента при внезапном стопорении, приве­денная к валу двигателя, может быть определена из выражения:

Мвн = 0,7\*Мmax+wд\*?C'max\*J1\*sin(?(C'max/J1)\*t)

где; 0,7\*Мmax - примерное среднее значение момента, развиваемого двигателем при "наезде на препятствие", ( Н\*м );

Мmax - опрокидывающий ( максимальный ) момент предварительно выбранного двигателя;

wд = wн = p\*nн/30 - угловая частота вращения двигателя перед "наездом на препятствие" ( с-1):

C'max - максимальная, приведенная к валу двигателя жесткость демпферных пружин; ( Н\*м )

J1 = 1,25\*(Jр+Jм) - момент инерции вращающихся элементов приво­да; Jр,Jм - моменты инерции ротора двигателя и муфты; (кг\*м2); 1,25 - коэффициент учитывающий приведенный к валу двигателя мо-

мент инерции всех остальных вращающихся частей привода.

C'max = C\*(OA)2/iз2 =18\*106\*22/23002 = 13,6 ( Н\*м )

где, ОА - из кинематической схемы;

J1 = 1,25\*(0,3+0,225) = 0,66 (кг\*м2)

Максимальная нагрузка будет в момент времени

t= p/2\*?(J1/C'max); где

Мн = 9556\*Рн/nн = 9556\*19/935 = 132,9 (Н\*м).

Условие, для проверки предварительно выбранного двигателя при внезапном стопорении;

wн , M'доп-0,7\*Mmax/?(C'max\*J1); где

M'доп - допустимая нагрузка на тяговый орган, приведенный к валу двигателя;

M'доп = Fдоп\*ОА/(iз\*h) =55\*104\*2/(2300\*0,74) = 646,3 ( Н\*м )

1,4\*M'доп-2,2\*Мном/?(C'max\*J1) =

= 1,4\*646,3-2,2\*132,9/?(13,6\*0,66) = 165,4 (рад/с)

97 < 165,4 условие выполняется

Коэффициент 1,4 в выражении учитывает податливость препятствия, на которое произведен "наезд" створки.

б) *Проверка на динамическую и перегрузочную способности.* Провер­ка предварительно выбранного двигателя на перегрузочную способность и динамическую способности производится исходя из следующих сообра­жений. Поскольку электромеханические приводы двустворчатых ворот содержат упругое звено ( демпферные пружины ), то при разгоне дина­мический момент в нем ( М12 ) имеет затухающий колебательный харак­тер, причем максимальная величина его должна ограничиваться коэффи­циентом динамичности, равным 1,4. В общем случае, динамический мо­мент в упругом звене определяется по выражению:

М12 =Мс'+(Мнп-Мс')\*J'2/(J1+J'2)\*(1-coswt);

где Мнп - начальный пусковой момент двигателя;

J'2 - приведенный к валу двигателя момент инерции створки и при­соединенной массы воды;

w - частота собственных колебаний системы

Максимальное значение динамического момента будет при coswt = -1; Учитывая, что этот максимальный момент не должен превышать больше чем на 40 %, момент сопротивления Мс', т. е. М12 =1,4\*Мс', величина начального пускового момента при пуске из лю­бого положения определяется по формуле:

Мнп(Q) = Мс'(Q)\*(1+0,2\*J1+J'2(Q)/J'2); где

J'2(Q) = Jст+Jв(Q)/i2(Q) - приведенный к валу двигателя момент инерции створки и присоединенной массы воды.

Jст = G\*l2/38 - момент инерции створки;

Jст = 2676137,5 (кг\*м2)

Jвт(Q) - момент инерции присоединенной массы воды при hкт = 18м и hк = 4м

Пересчет для Jв(Q) производится по формуле:

Jв(Q) = Jвт(Q)\*h/hк\*(hк/hкт)4 = 1,25\*Jвт(Q)

Результат вычислений заносим в таблицу.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Q; град | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Jвт107  кг\*м2 | 4,2 | 2,2 | 1,85 | 1,75 | 1,8 | 2 | 2,6 | 4,2 |
| Jв107  кг\*м2 | 5,25 | 2,75 | 2,3 | 2,2 | 2,25 | 2,5 | 3,25 | 5,25 |
| J'2  кг\*м2 | 0,38 | 1,15 | 1,39 | 1,58 | 1,69 | 1,65 | 1,49 | 0,52 |
| Мнп  Н\*м | 19,5 | 44,6 | 58,9 | 70,2 | 77,7 | 220,8 | 191 | 130,1 |

Вычисляем Мнп только для двигательного режима, т. к. соответс­твующая Мс' для тормозного режима меньше, чем для двигательного. По данным таблицы строим график Мнп= f(Q) ( рис. 21) из таблицы нахо­дим Мнп max = 220,8 ( Н\*м ).

Выполняет проверку по условию:

Мнп мах , 0,8\*Mmax, где

0,8 - коэффициент, учитывающий допустимое снижение напряжения сети:

2,5\*132,9 = 332,25 . 220,8 следовательно, Мнп max , 2,5\*Мном, условие выполнено.

2.3.6***.****Выбор электрических аппаратов для управления механическими тормозами.*

На всех механизмах шлюза для удержания его в застопаренном сос­тоянии в период бездействия или для замедления движения механизма перед его остановкой используются механические тормоза.Они выполня­ются непосредственно с электроприводом. В качестве электроприводов (аппаратов) для управления механическими тормозами используются электрогидравлические толкатели и электромагниты переменного и пос­тоянного тока.

Выбор механического тормоза,а следовательно,и его электропривода производится по необходимому тормозному режиму:

Мт = 2\*М'max

Для нахождения М'max необходимо из графика M'с = f(Q) при пере­паде и ,сопутствующих движению выбрать наибольшее значение момента по абсолютной величине

М'max = 172,5 ( Н\*м )

Мт = 2\*172,5 = 345 (Н\*м)

Выбираем длинноходовой тормозной электромагнит переменного тока КМТЗА.

Тяговое условие-350(Н).

Эти электромагниты применяются в беспружинных тормозах с высокой степенью надежности торможения,но для механизмов с небольшим числом включений в час.

Длинноходовые электромагниты переменного тока имеют прямоходовую конструкцию с Ш-образным шлихтованным магнитопроводом на котором расположены три катушки, включенные в "звезду" или "треугольником".

Электромагниты этого типа выпускаются серии КМТ четырех типов размеров на напряжение 220\380В и 500В.

2.3.7.*Расчет резисторов пускового реостата и выбор ящиков сопро­тивлений.*

Величины сопротивления, введенных в цепь ротора двигателя в оп­ределенном масштабе могут быть получены из пусковой диаграм­мы(рис.22)

Принято:Ip = 51(А)

Iпер = 54(А)

Iп = 102(А)

Из диаграммы истекает:двигатель имеет 3 степени разгона.

Активное сопротивление фазы ротора:

rp = Uн.р.\*S/(?3\*Iр.н.) = 172\*0,065/(?3\*51) = 0,127 ( Ом )

где: Uн.р. = 172 (В), Iр.н. = 51 (А); S = no-n/no = 0,065

Маштаб сопротивлений: m = rp/аб = 0,127/7 = 0,018 (Ом/мм)

Сопротивления ступеней;

R1 = m\*де = 0,018\*46 = 0,828 (Ом)

R2 = m\*д2 = 0,018\*25 = 0,45 (Ом)

R3 = m\*2в = 0,018\*14 = 0,252 (Ом)

Rневыкл = m\*вб = 0,018\*8 = 0,144 (Ом)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наимено-  вание  ступени | Обозн-  ачение | Расчетное  сопротив-  ление  ( Ом ) | Технические данные | | Кол-во  сопрот-  ивлений | Факти-  ческое  сопро-  тивле-  ние  ( Ом ) |
| сопроти-  вление  эл-та  ( Ом ) | Длитель-  ный доп-  устимый  ток (А) |
| 1 | R1 | 0,828 | 0,4 | 64 | 2 | 0,8 |
| 2 | R2 | 0,45 | 0,156 | 82 | 3 | 0,468 |
| 3 | R3 | 0,252 | 0,079 | 114 | 3 | 0,237 |
| не выключ | Rневыкл | 0,144 | 0,089 | 114 | 2 | 0,158 |

Схема соединения резисторов для одной фазы ротора двигателя на ( рисунке 13 )

Пускорегулировачные резисторы серии НФ представляют собой ящики открытого исполнения. В этих элементах применяются сопротивления на фехралевой ленте, намотанной на ребро. Внешние зажимы ящиков сопро­тивления не маркированы. Расположение ящиков должно исключать воз­можность случайного прикосновения к ним и обеспечить защиту от ат­мосферных осадков.

**3. ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

*Привод двустворчатых ворот*. Наибольшее распространение на шлюзах нашей страны получили плоские, двустворчатые ворота. Основное тех­нологическое требование здесь сводится к правильному и безударному створению полотнищ. Для привода двустворчатых ворот на правом и ле­вом устоях камеры устанавливают по механизму, приводимому во враще­ние сворим электродвигателем.

*Привод с асинхронными двигателями без регулирования скорости движения*. В нем могут быть использованы асинхронные двигатели ка с фазным, так и с короткозамкнутым ротором. Структурная схема такого привода дана на (рисунке 23), а. Система отличается простотой и вы­сокой надежностью. Однако она обладает таким серьезным недостатком, как тяжелое протекание переходных процессов и невозможность управ­ления частотой вращения двигателей при створении ворот и входе их полотнищ в ниши.

*Привод с асинхронными фазными двигателями с регулированием ско­рости движения изменением сопротивления цепи ротора*.Этот широко применяемый на шлюзах приводах двустворчатых ворот отличается от предыдущего возможностью регулирования частоты вращения двигателей при маневрировании воротами и управлением в процессе разгона при пуске двигателей в ход. Структурная схема системы привода показана на (рисунке 23).

Такая система,используется в большинстве случаев в сочетании с кривошипно-шатунным механизмом, имеет очень тяжелую динамику при пуске из промежуточных положений, необходимость которого нередко возникает,например, из-за недостаточной согласованности скоростей движения створок ворот, различия продолжительности разгона двигате­лей при реостатном пуске и т. п. В случае применения других типов тяговых органов ( например, тросовых ) положение усугубляется еще тем, что в конце операций получаются недопустимо большие скорости движения створок и для исключения ударов возникает потребность в искусственном снижении частоты вращения двигателей.

*Электропривод с тормозными генераторами*. Привод двустворчатых ворот, рассмотренный выше, в операции закрытия работает на смягчен­ных характеристиках и в результате колебаний скорости движения не обеспечивает правильного створения ворот при различных изменениях нагрузки на левую и правую створки от ветра и волн. Кроме того, из-за сравнительно высокой скорости движения створок в конце опера­ции закрытия при наложении тормозов раньше времени в воротах оста­ется большая щель, а при наложении с опозданием получается удар створок.

Устранение отмеченных недостатков возможно при работе привода в течении большей части операции на жестких механических характерис­тиках, обеспечивающих сохранение скорости движении створок при ко­лебаниях нагрузки, и со значительным уменьшении скорости движения в конце операции перед наложением тормозов. Такие характеристики мож­но получить в системе с тормозным генераторами, включаемыми в конце операции для получении малой скорости движения . Тормозной генера­тор может быть отдельной электрической машиной постоянного или пе­ременного тока, навешанной на вал приводного двигателя и являющейся для него дополнительной нагрузкой.

Механическая характеристика системы с включенным генератором представляет собой кривую, полученную при различных частотах враще­ния сложения моментов приводного двигателя и тормозного генератора. Структурная схема такого привода дана на . На схеме показаны при­водные двигатели М1, М2, резисторы роторных цепей R1,R2 и тормозные генераторы ТГ1 и ТГ2. Изменением сопротивления цепи ротора асинх­ронного двигателя или тока возбуждения тормозного генератора полу­чают различные по жесткости и по граничной частоте вращения харак­теристики системы.

Электропривод двустворчатых ворот с тормозным генератором на шлюзах пока применяют ограниченно из-за большого числа машин, а значит, увеличенных габаритов и массы установки.

*Электропривод с гидравлической передачей*.Для привода двустворча­тых ворот гидропередачи стали применять в последнее десятилетие. Электрогидроприводы располагают на устоях камеры шлюза. Они предс­тавляют собой два самостоятельных агрегата, связанных с помощью системы управления. Структурная схема электрогидропривода двуствор­чатых ворот приведена на рисунке 7, г. К основным его элементам от­носятся: насосы Н1 и Н2 с приводными двигателями М1 и М2, золотни­ковые блоки управления З1, З2 и силовые гидроцилиндры Ц1, Ц2, штор­ки которых соединены со створками ворот. Регулирование скорости движения здесь также гидростатическое, с перепуском части рабочей жидкости в сливной бак Б1 или Б2 минуя гидроцилиндры. Электрогид­роприводы двустворчатых ворот зарекомендовали себя хорошо, однако необходимо решить еще целый ряд вопросов по улучшению регулирования скорости движения, динамики и защиты системы.

*Электропривод с тиристорным управлением*. Структурная схема такой системы приведена на рисунке 7, д. Она подобна рассмотренной выше схеме привода подъемно-опускных ворот.

Потенциальные возможности этой системы привода для двустворчатых ворот также еще предстоит раскрывать и доводить до совершенства вы­сокими требованиями, предъявляемыми к электроприводам шлюзов.

3.1.**Привод с асинхронными двигателями без регулирования скорос­ти движения*.***На (рисунке 23) показана принципиальная схема главного тока, а на (рисунке 24) - схема цепей управления двустворчатых во­рот.

В данном примере для привода левой и правой створки ворот ис­пользованы асинхронные двигатели с фазным ротором М1 и М2, причем их пуск осуществляется в функции времени путем выведения резисторов из цепи ротора двигателя ( цепи катушек реле времени на схеме не изображены).

Управление воротами производится как с центрального,так с мест­ного пультов управления.

Для упрощения схемы (смотрите рисунок 24) показаны по две общих кнопки открытия SO и закрытия SZ , хотя с местных пультов можно уп­равлять каждой створкой в отдельности.

При рассмотрении схеме следует иметь в виду, что SQ1 - контакт путевого выключателя, блокирующий цепь управления двустворчатых во­рот с верхними воротами, и при закрытых верхних воротах он закрыт; SQ2 и SQ4 - контакты предельных путевых выключателей открытия; SQ3 и SQ5 - контакты путевых выключателей закрытия; SQ6 - контакт путе­вого выключателя, ограничивающий закрытие ворот; SQ7 - SQ10, SQ15 - контакты путевого выключателя, управляющие порядком закрытия ворот; SQ11, SQ12 - контакты путевого выключателя, осуществляющие блокиро­вание с затворами галерей, закрытые при открытых затворах; SQ13 и SQ14 - то же, отключающие контакторы КО1 и КО2 при открытых воро­тах; SA1 - SA3 - контакты выключателей деблокировок.

*Подготовка схемы к работе*. При наличии напряжения в соловой и вспомогательных цепях и закрытых контактах KV1, KV2 и KV3 получает питание катушка КМ. При срабатывании контактора КМ закрываются его замыкающие главные контакты в цепи статоров двигателей ( смотрите рисунок 23), а также замыкающий вспомогательный контакт КМ , кото­рый подает напряжение в цепь управления. Катушки реле времени КТ получают питание и размыкают свои контакты в цепях катушек контак­торов К1, К2. Схема к работе подготовлена.

*Операция открытия ворот*. Предположим, что управление происходит с центрального пульта ( замкнут контакт SA1 ) и ворота закрыты.

При нажатии кнопки SO, если контакты КУ закрыты, получает пита­ние катушка оперативного контактора КО1. Последний срабатывает, закрывает свои главные контакты, включающие двигатель М1 в сторону открытия, а также замыкающий вспомогательный контакт КО1, который шунтирует кнопку SO. Одновременно закрывается контакт КО1 и получа­ет питание катушка КО2.

Контактор КО2 срабатывает, включает для открытия двигатель М2 правой створки и закрывает вспомогательный контакт КО2, также шун­тирующий кнопку SO. Кроме того, при работе двигателей будут открыты размыкающие контакты КО1 и КО2 в цепях катушек KZ1 и KZ2. Одновре­менно открываются размыкающие контакты КО1 и КО2, прерывающие пода­чу питания на катушки реле времени КТ11 и КТ21. После заданной вы­держки времени эти реле отпускают свои якоря и замыкают размыкающи­еся контакты КТ11 и КТ12, в цепях катушек контакторов ускорения К11 и К12. Контакторы ускорения срабатывают, своими главными контактами выводят первые ступени резисторов в роторных цепях двигателей и размыкают свои размыкающие контакты в цепях катушек реле времени КТ21 и КТ22, которые с выдержкой времени закрывают одноименные кон­такты в цепях катушек контакторов К21 и К22,и двигатели переходят на работу по естественным характеристикам. Когда створки выходят из соприкосновения, закрываются контакты SQ15, шунтирующие вспомога­тельный контакт КО1. Включение контактора КО2 с некоторым запозда­нием по сравнению с контактором КО1 необходимо потому, что левая створка захватывает правую и, следовательно, должна первой отойти при открытии. Когда ворота полностью откроются, размыкаются контак­ты путевых выключателей SQ13 и SQ14, которые лишают питания катушки КО1 и КО2. Двигатели отключаются. Если контакты КО1 и КО2 поче­му-либо не размыкаются, ворота поворачиваются на небольшой угол и открываются контакты предельных выключателей SQ2 и SQ4, отключающие линейный контактор КМ. В процессе открытия ворот контакторы путевых выключателей в цепи катушек закрытия ворот KZ1 и KZ2 приходят в ис­ходное положение.

*Операция открытия ворот*. При закрытии ворот одновременно с нажа­тием кнопки SZ получают питание катушки оперативных контакторов KZ1 и KZ2.

Двигатели М1 и М2 начинают вращаться, причем их пуск происходит также, как и при открытии. Створки приходят в движение в сторону закрытия. Когда между створными столбами ворот остается небольшое расстояние ( порядка 1,5м ), открывается контакт SQ7, катушка кон­тактора KZ1 теряет питание и двигатель левой створки останавливает­ся. Правая створка продолжает движение до тех пор, пока не подойдет почти к положению створа. При этом открывается контакт SQ9, который отключает катушку KZ2. Двигатель правой створки останавливается. Одновременно с этим замыкается контакт SQ8, который вновь включает катушку контактора KZ1. Двигатель левой створки опять приходит во вращение. Когда левая створка коснется правой, закрываются контакты SQ10, вновь получает питание контактор KZ2,включает двигатель пра­вой створки и оба двигателя доводят створки ворот до полного закры­тия. При этом замыкается контакт SQ6, двигатели выключаются и меха­низмы створок тормозят.

Рассматриваемое в настоящей и последующих схемах ступенчатое закрытие двустворчатых ворот применяется не везде. На ряде шлюзов осуществляется безостановочное движение ворот при их закрытии, что в известной степени делает работу механической части более надежной и упрощает электрическую схему.

3.2.**Привод с асинхронными фазными двигателями с регулированием скорости движения изменением сопротивления цепи ротора*.*** (На рисунке

25) представлена схема силовой цепи, а на (рисунке 26) - схема це­пей управления двустворчатыми воротами, предусматривающая изменение частоты вращения двигателей и скорости вращения ворот в конце опе­рации закрытия ( при створении ворот ) и открытия ( при входе по­лотнищ ворот в ниши ). При рассмотрении работы схемы следует иметь в виду, что: SQ1 и SQ2 - контакты путевого выключателя, блокирующие цепь управления с ручным приводом створок, при работе ручного при­вода они открыты; SQ3 - SQ6 - контакты предельных открытия и закры­тия створок; SQ7-SQ10 - контакты, управляющие последовательностью движения створок при закрытие ворот; SQ11 и SQ12 - контакты, блоки­рующие привод ворот в зависимости от состояния затворов водопровод­ных галерей, замкнутые при открытых затворах; SQ13 - SQ15 - контак­ты путевого выключателя, ограничивающие открытие створок; SQ16 и SQ17 - то же, отключающие реле КР после открытия ворот, вызванного обратным напором; SQ18 и SQ19 - контакты путевого выключателя, отк­рывающиеся, когда усилия в штангах при закрытии ворот станут больше предельно допустимых; SQ20 и SQ21 - то же, закрытые при усилиях в штангах, меньших предельно допустимых при открытии ворот; SQ22 - контакт, размыкающий цепи катушек К1 и К2 для введения резисторов в цепи роторов двигателей М1 и М2 при схождении створок; SQ23 и SQ24

- контакты, замыкающиеся при обратном напоре.

*Подготовка схемы к работе*. При подаче напряжения к силовым цепям и к цепям управления и при нормальном состоянии блокировок реле напряжения силовой цепи KV, реле кнопок KSB и сельсинов KVB сраба­тывают и закрываю свои замыкающие контакты.

Через замкнутые рубильники цепи управления S и указанные контак­ты реле тока попадает в катушку промежуточного реле KVA максималь­ной и нулевой защиты электропривода ворот. Оно срабатывает и замы­кает свой контакт KVA в цепи катушки реле блокировки KV1. Это реле получит питание, если кратковременно замкнуть ключ восстановления SB.

При срабатывании реле KV1 замыкающие контакты KV1 шунтируют кон­такт ключа восстановления SB; контакт KV1, замкнувшись,

подготовляет цепь для индивидуального управления воротами при ус­ловии, что закрыты контакты КРУ и замыкающие контакты КВВ; закрыва­ется контакт KV1, который замыкает цепь катушки KF ( реле защиты при повышенных усилиях в штангах ). Катушка этого реле получает пи­тание через размыкающие контакты промежуточных реле KV3 и KV2.

Реле KF срабатывает, закрывает собой контакт KF, шунтирующий размыкающие контакты KV3 и KV2, и контакт KF, подготовляющий цепь для питания катушек оперативных контактов открытия КО1 и КО2.

*Операция открытия ворот*. При замыкании контактов SP6 ключа раз­дельного управления получает питание катушка промежуточного реле KV3. Последние срабатывает, причем: размыкаются его замыкающие кон­такты KV3, которое ставят питание катушки KF в зависимость от уси­лий в штангах двустворчатых ворот при открытии; замыкаются замыкаю­щие контакты KV3, в результате чего получают питание катушка опера­тивного контактора КО2, включающего двигатель М2 ведущей створки в направлении открытия.

Контактор КО2 срабатывает, в результате чего закрываются его за­мыкающие главные контакты КО2 силовой цепи и замыкающий вспомога­тельный контакт КО2, который подает питание на катушку линейного контактора КМ.

Последний срабатывает, и его главные контакты КМ включают обмот­ку статора двигателя М2 в сеть. Одновременно получает питание ка­тушка контактора электромагнитного тормоза Y2 ведущей створки, и тормоз открывается. Ведущая створка начинает отходить от положения створа. Кроме того, закрывается замыкающий контакт КО2, который включает в сеть катушку оперативного контактора КО1 ведомой створ­ки. Получив питание, контактор КО1 срабатывает.

Одновременно с включением статор двигателя М1 получает питание катушка электромагнитного тормоза Y1, который срабатывает и откры­вает тормоз двигателя М1.

Левая створка также начинает открываться. При подготовке цепи управления к работе через размыкающий вспо-

могательный контакт КМ получает питание не показанная на схеме ка­тушка электромагнитного реле времени КТ и ее размыкающий контакт КТ размыкается. Когда срабатывает линейный контактор,

катушка реле времени КТ теряет питание. После некоторой выдержки времени размыкающий контакт КТ закрывается и включает катушку К1 и К2.

Контакторы К1 и К2 срабатывают и закрывают свои контакты, в ре­зультате чего резисторы выводятся из цепей ротора двигателей М1 и М2. Перед входом створок ворот ниши ( для уменьшения скорости их движения перед остановкой ) эти резисторы с помощью контакта SQ22 вновь вводятся в цепь роторов двигателей.

Когда створки полностью откроются, разомкнутся контакты SQ13 и SQ15 путевых выключателей и двигатели отключаются от сети. Одновре­менно потеряют питание катушки КМ, КО1 и КО2.

В данной схеме предусмотрено возможность автоматического откры-

тия двустворчатых ворот в случаи обратного напора со стороны нижне­го бьефа. При обратном напоре в результате сжатия пружин, находя­щихся в штангах, замыкаются контакты SQ23 и SQ24 путевых выключате­лей.

Реле защиты КР при обратном напоре срабатывает, причем: открывается размыкающий контакт КР, разобщающий цепь управле-

ния катушкой КО2 И КО1 от цепи, замыкаемой ключом SP6;

закрывается замыкающий контакт КР, включающий катушку опера­тивных контактов КО1 и КО2.

Последние срабатывают, и пуск двигателей М1 и М2 в сторону отк­рытия происходит также, как описано выше. Поскольку катушка KV3 не получает питания, а контакт SQ22 путевого выключателя открыт, ка­тушки контакторов К1 и К2 не включаются и работа происходит при введенных в цепи роторов резисторах;

закрывается замыкающий контакт КР, шунтирующий контакты SQ23 и SQ24 путевых выключателей.

Когда ворота открываются, размыкаются контакты путевых выключа­телей SQ16 и SQ17, катушка КР теряет питание и двигатели М1, М2 отключаются то сети.

При открытых воротах будут закрыты контакты путевых выключателей SQ1 - SQ6, SQ8, SQ10 и SQ22 и открыты контакты путевых выключателей SQ9, SQ16, SQ17. При этом обесточиваются оперативные контакторы на­полнения КО1 и КО2, а также линейный контактор КМ и схема оказыва­ется подготовленной к новому пуску.

*Операция закрытия ворот*. При повороте ключа раздельного управле­ния SP5 получает питание катушка промежуточного реле KV2, работаю­щего при закрытии ворот. Последнее срабатывает и размыкает контакты KV2. В результате ток в цепи катушки реле KF появляется в зависи­мости от положения контактов SQ18 и SQ19 путевых выключателей. Если они закрыты, реле KF срабатывает и закрывает свои контакты.

При замыкании контактов KV2 получают питание катушки оперативных контактов KZ1 и KZ2, включающих двигатели левой и правой створок в сторону закрытия.

Одновременно включается катушки электромагнитных тормозов Y1 и Y2 и двигатели растормаживаются. При этом включаются двигатели и створки начинают закрываться.

При срабатывании контактора КМ теряет питание катушка реле КТ и после выдержки времени, необходимой для разгона, замыкается контакт КТ, обеспечивающий питание катушек контакторов К1 и К2. Их контакты шунтируют резисторы в цепи роторов. Двигатели работают на естест­венных характеристиках когда ведущая правая створка дойдет до поло­жения П1, откроется контакт путевого выключателя SQ8, который отк­лючает катушку контактора KZ2, ведущая створка останавливается. ве­домая створка продолжает движение до положения Л1. При этом сраба­тывает путевой выключатель SQ10, который отключает оперативный кон­тактор KZ1, а таким образом и двигатель М1.

Несколько ранее замыкается контакт путевого выключателя SQ9, по­дающие питание на оперативный контактор KZ2. Тогда вновь пускается в ход двигатель М2 ведущей створки. Однако при этом в цепи роторов двигателей оказываются введенными резисторы, так как размыкаются контакты путевого выключателя SQ22. Ведущая створка подходит к ве­домой и доводит ее до положения полного створа, после чего двига­тель М2 отключается путевым выключателем SQ7. Ведущая створка под­ходит к ведомой створки до полного створа левый двигатель должен быть расторможен, что обычно осуществляется отдельным контактором, управляющим электромагнитом тормоза этого двигателя. Двигатель М1 при этом для уменьшения нагрузки М2 также может включится в работу.

После отключения контактора KZ1 и KZ2 и постановки ключа SP5 в нулевое положение схема принимает исходное состояние.

Число путевых выключателей в приводе двустворчатых ворот значи­тельно меньше числа контактов, упомянутых в описании схемы. Это объясняется тем, что некоторые из выключателей снабжены несколькими контактами, которые закрываются и открываются при повороте на опре­деленный угол.

3.3. **Электрический привод с гидропередачей*.*** На (рисунке 27) по­казана структурная схема электрогидропривода двустворчатых ворот. Гидропередача привода каждой створки, как и в приводе подъемно - опускных ворот, содержит:

Силовой гидроцилиндр ГЦ,поворачивающийся в горизонтальной плос­кости по мере перемещения поршня и штока;

маслонасосную установку М-Н, подающую под давлением масло в гид­роцилиндр;

золотники управления ЗУ блоком золотников;

блок главных золотников БЗ, управляющий подачей масла в подпорш­невую ( для открытия ворот ) или в надпоршневую ( для закрытия во­рот ) полости гидроцилиндра;

бак Б для масла и маслопроводы.

Принципиальная схема силовой части электрогидропривода двуствор­чатых ворот представлено на (рисунке 28), а схема цепей управления на (рисунке 29).

При рассмотрении работы схемы следует иметь в виду, что:

SQ1 - контакт путевого выключателя блокировки с воротами смежной головы, замкнутой при закрытых смежных воротах;

SQ2, SQ4 - контакты путевых выключателей открытия;

SQ3, SQ5 - контакты путевых выключателей закрытия;

SQ6 - контакт путевого выключателя предельного положения закры­тия ворот ;

SQ7 - SQ10 - контакты путевого выключателя, управляющие последо­вательностью закрытия створок;

SQ11, SQ12 - контакты путевого выключателя блокировки с затвора­ми галерей, закрытые при открытых затворах;

SQ13, SQ14 - контакты путевого выключателя предельного положения открытия ворот;

КМ1, КМ2 - оперативные контакты двигателей насосов;

KYZ1, KYZ2 - контакторы электромагнитов золотников управления закрытием ворот;

KYO1, KYO2 - контакторы электромагнитов золотников управления открытием ворот;

YH, YZ, YO - электромагниты управления насосами и золотниками управления открытием и закрытием ворот. Как видно из схем и состава

оборудования, работа данного привода

аналогична работе привода двустворчатых ворот с асинхронными двига­телями. Работу гидропередачи при заданной последовательности опера­ции легко проследить. Наличие в последней схеме ( смотри рисунок 14 ) электромагнитов управления подачи насосов YH1 и YH2 допускает при необходимости получение переменной подачи, а значит, и изменение скорости движения створок, например при створении ворот в операции закрытия и входе их в ниши в операции закрытия. Для этого в цепи YH1 и YH2 должны быть введены соответствующие командные устройства.

3.4. **Электропривод двустворчатых ворот с тормозным генератором*.*** Рассмотренная схема двустворчатых ворот при их закрытии работает на смягченных характеристиках и в результате колебаний скорости не обеспечивает правильного створения ворот при различных изменения нагрузки на левую и правую створки из-за ветра и волновых явлении. Кроме того, всле*д*стви*е* сравнительно высокой скорости створок при срабатывании тормозов в конце операции раньше времени при закрытии ворот остается большая щель, а при срабатывании с опозданием имеет место удар створок.

Отмеченные недостатки, если большая часть операции будет проис­ходить на жестких механических характеристиках работы электроприво­да, обеспечивающих сохранение скорости створок при колебаниях наг­рузки, и значительным уменьшением ее в конце операции перед сраба­тыванием тормозов. Такие характеристики можно получить в системе с тормозным генератором, включаемый в конце операции для получения малой скорости привода. Тормозной генератор может быть отдельной электрической машиной постоянного или переменного тока, навешенной на вал приводного привода и являющийся для него дополнительной наг­рузкой. Отечественной промышленностью выпускаются асинхронные дви­гатели с встроенными тормозными генераторами, т. е. выполненными в едином корпусе.

Механическая характеристика такого двигателя с включенным гене­ратором представляет собой кривую, полученную при различных угловых скоростях.

На (рисунке 30) приведены механические характеристики асинхрон­ного двигателя ( кривая 1 ), тормозного генератора переменного тока ( кривая 2 ) и результирующая характеристика при включении обеих машин ( кривая 3 ).

Изменения сопротивления цепи ротора асинхронного двигателя или ток возбуждения тормозного генератора, можно получить различные по жесткости и пограничной скорости результирующие характеристики.

Принципиальная схема привода с тормозным генератором отличается то рассмотренной в предыдущем параграфе только цепями управления и поэтому здесь не приводится.

3.5. **Электропривод с тиристорным управлением.**  Как отмечалось, в

электроприводах гидротехнических сооружений стали находить примене­ние полупроводниковые силовые и оперативные элементы и устройства. Так, например, для управления асинхронными двигателями и регулиро­вания их частоты вращения в приводах опдъемно-опускных ворот ( зат­воров ) и двустворчатых ворот используются тиристерные преобразова­тели частоты ( ТПЧ ), тиристорные станции управления и регулирова­ния ( ТСУР ) и пускорегулирующие безконтактные устройства ( ПРБУ ).

Принципиальная схема силовой части электропривода с ПРБУ и век­торная диаграмма э.д.с. работы системы приведены на (рисунке 31), а и б.

Пускорегулирующее бесконтактное устройство состоит из ревесного бесконтактное устройство состоит из реверсного безконтактного ком­мутатора БК, блока динамического торможения БДТ, асинхронного вен­тельного каскада АВК, сглаживающих реакторов L и блоков управления и защиты ( последние на схеме не показаны ). Безконтактный коммута­тор состоит из четырех силовых тиристорных блоков, в каждый из ко­торых входят по два встречно-параллельно включенных тиристора. Два блока коммутатора служат для включения двигателя в прямом направле­нии вращения, а два других - в обратном. Третья фаза двигателя включенна в сеть напрямую ( не коммутируется ). Блок динамического торможения тиристорный работает совместно с одним плечем тиристор­ного блока коммутатора, которое обеспечивает однополупериодный вып­рямленный ток для динамического торможения. Блок динамического тор­можения состоит из симметричного тиристора V1, шунтирующего нерабо­тающую фазу двигателя, и рабочего тиристора V2, шунтирующего две другие фазы при непроводящем полупериоде работы коммутатора в режи­ме торможения.

*Асинхронно-вентильный каскад* включает асинхронный двигатель с фазным ротором М, выпрямитель U, инвертор И, ведомый сетью, и сгла­живающий дроссель L. Выпрямитель собран из силовых неуправляемых вентильных блоков по мостовой схеме, но из силовых управляемых ( тиристорных ) блоков.

Принцип действия ПРБУ основан на работе асинхронного вентильного каскада со звеном постоянного тока. Регулирование частоты вращения привода здесь обеспечивается введением добавочного э.д.с. в цепь ротора. Как видно из векторной диаграммы, при работе вентильного каскада введение в цепь выпрямленного тока ротора Ip внешней элект­родвижущей силы Еи, направленной навстречу току, меняет значение результирующей э.д.с. ротора Ер, а следовательно, тока и угла сдви­га между током и э.д.с. Внешняя электродвижущая сила, создаваемая инвертором, направленная навстречу току, и, следовательно, ее век­тор сдвинут относительно основной э.д.с. ротора на угол ( 180 - f ). Внешнюю э.д.с. возможно изменить выбором угла опережения откры­вания тиристоров инвертора, обеспечивая изменение результирующей э.д.с. тока ротора и угла сдвига между ними. Изменение тока ротора вызовет изменение вращающего момента электродвигателя, а при посто­янном моменте сопротивления и изменение частоты вращения двигателя.

При замкнутой системе регулирования в случае отрицательной обрат­ной связи по частоте вращения, управляя углом опережения открывания тиристоров, в такой схеме обеспечивается поддержанием постоянной частоты вращения при изменении момента сопротивления на валу. Меха­нические характеристики в рабочем диапазоне нагрузки при этом ока­зываются такими же, как и в системе Г-Д. Диапазон регулирования достигает 20:1 и выше. Первый опыт применения ПРБУ в приводах подъ­емно-опускных ворот ( затворов ) и двустворчатых ворот показал, что такие системы обладают хорошей регулирующей способностью и высокой надежностью и экономичностью, однако имеют сложную систему управле­ния.

**4. БЕСКОНТАКТНЫЕ АППАРАТЫ И СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.**

Коммутационные контактные аппараты имеют низкую надежность и сдерживают дальнейшее развитие автоматизированных электроприводов. В современных системах широко применяются бесконтактные силовые и оперативные устройства, не разрывающие электрических цепей, а запи­рающие и отпирающие их. В качестве элементной базы таких устройств используют управляемые вентили ( триоды и тиристоры ), магнитные усилители, бесконтактные сельсины, бесконтактные емкостные и индук­тивные датчики.

Принцип действия большинства из них основан на изменение включа­емого в цепь электрического тока сопротивления, значение которого при опредиленных условиях может изменяться практически от нуля ( открытое состояние ) до бесконечности ( закрытое состояние ).

Механизм работы управляемого вентеля в п. 14 на примере тиристо­ра с выходным параметром в виде изменяющегося напряжения, подводи­мого к двигателю и имеющегося в крайних условиях открытое и закры­тое состояние.

Бесконтактные аппараты управления долговечны из - за отсутствия механических контактов, обладают высоким быстродействием, нечустви­тельны к изменениям характеристик окружающей среды, имеют низки массогабаритные показатели и эксплутационные затраты.

Бесконтактные устройства являются наиболее совершенными аппара­тами для построения функциональной части схем автоматического уп­равления электроприводами. При разработке создании сложных схем уп­равления электроприводов, таких как приводы основных механизмов шлюзов и судов технического флота, бесконтактные устройства предус­матривают в качестве контактных коммутационных аппаратов, способных выполнять отдельные операции в определенной ( логической ) последо­вательности. Поэтому их называют логическими элементами.

Бесконтактные логические элементы, как правило, строятся на транзисторных, диодных и магнитных элементах в виде прямоугольных таблеток с несколькими входами и выходами и схемами, позволяющими реализовать отдельные логические функции.

Выходные сигналы на логические элементы могут подаваться от бес­контактных и контактных датчиков и командоаппаратов.

Схемы на бесконтактных логических элементах могут осуществлять все электрические блокировки и защиты.

Однако следует учитывать, что схемы на бесконтактных логических элементах, имея высокую стоимость, обеспечивают только один заранее заданный алгоритм управления и их невозможно просто переналадить на други алгоритмы. Поэтому наряду со схемами, выполненными на отдель­ных логических элементах в автоматизированных электроприводах, на­чинают находить применение унифицированные логические системы уп­равления. Примерами таких систем являются унифицированная система управления промышленными механизмами ( УМП - 2 ) и унифицированная бесконтактная логическая система управления механизмами шлюзов ( УБЛСУ ). Эти системы представляют собой универсальные устройства, предназначенные для решения логических задач при автоматизации

электроприводов. Они выполняют логические операции по заданному ал­горитму и позволяют сравнительно простыми средствами менять прог­раммы управления.

Для унификации устройств управления двигателями постоянного и переменного тока электромеханической промышленностью разработаны и выпускаются станции управления. Они представляют собой объединенные общей конструкцией комплексные устройства, содержание электрические коммутационные и защитные аппараты, соединенные по требуемой элект­рической схеме и предназначенные для дистанционного автоматического управления электроприводами. Станции управления выполняют в виде блоков и панелей управления.

В блоках аппараты монтируются на раме реечной конструкции или на одной изоляционной плите. Панель управления составляется на общей раме из нескольких блоков.

В станциях по возможности предусматриваются запасные, не неис­пользованные в схеме вспомогательные контакты аппаратов, а иногда и целые аппараты для развития схем, блокировок и сигнализации.

Станция управления для сложных систем электроприводов объединяют в щиты открытого типа в виде панелей или закрытого типа в виде шка­фов. Открытые щиты устанавливают в машинных отделениях или помеще­ниях управления, а шкафы - около производственных механизмов.

Различают станции общепромышленного типа и специализированные. К общепромышленным относят станции, имеющие стандартные схемы управ­ления двигателями постоянного тока, осуществляющие их пуск, ревер­сирование и торможение. Специализированные представляют собой стан­ции управления электроприводами конкретных механизмов различных от­рослей промышленности ( металургической, химической, текстильной и др. ).

**5. СИНТЕЗ ЛОГИЧЕСКОГО АВТОМАТА**

*Операция закрытия ворот*

После поступления сигнала с пульта управления включается двига­тель 1 ведущей створки, следом включается двигатель 2 ведомой створки. Когда ведущая створка дойдет до угла 50о путевой выключа­тель отключит двигатель, ведомая створка продолжает движение, пока не дойдет до угла 65о, затем срабатывает путевой выключатель и дви­гатель откючается.

Одновременно с этим включается двигатель ведущей створки и она начинает движение до тех пор пока не поступит сигнал с датчика ка­сания, о том, что ведущая створка коснулась ведомой. Двигатель ве­домой створки приходит в движение и оба двигателя доводят створки до полного закрытия, пока не поступит сигнал с датчика створения. Тогда двигатели отключаются и механизм створок затормаживается.

*Операция открытия ворот*

После поступления сигнала с пульта управления включается двига­тель 1 ведущей створки и она начинает свое движение. Отойдя на 5о поступает сигнал на включение ведомой створки. Дойдя до конечных положений оба двигателя отключаются конечными выключателями. Меха­низмы тормозятся.

**6. ОХРАНА ТРУДА**

Электробезопасность при эксплуатации гидротехнических сооруже­ний.

Помещения на гидротехнических сооружениях по опасности поражения делятся на - помещения с повышенной опасностью, где относительная влажность достигает 75%. к ним относятся помещения контакторных па­нелей, панели автоматики, центрального пульта управления, распреде­лительных устройств, трансформаторных подстанций, механизмов ворот и затворов;

- помещения особо опасные, где относительная влажность близка к 100%. Это - кабельные тонели, шахты;

- помещения без повышенной опасности

К ним относятся служебные помещения ( комнаты ИТР, охраны ).

Электрооборудование гидротехнических сооружений выбирают водоза­щищенного или герметичного исполнения.

Корпуса электродвигателей, трансформаторов, пусковых аппаратов, кожухов рубильников заземляются, а неизолированные токоведущие час­ти ограждаются.

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность при ра­боте в электроустановках, заключаются в оформлении наряда, выдаче допуска к работе, надзоре во время работы и оформлении перерывов в работе.

Работы в электроустановках гидросооружений на токоведущих частях без снятия напряжения допускается производить в аварийных случаях. В остальных случаях работы должны выполняться при полном или час­тичном снятии напряжения.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ с частичным или полным снятием напряжении выполняется в строго огово­ренной последовательности.

Выполняют необходимые отключения и вывешивают запрещающие плака­ты, а если это необходимо, то устанавливают ограждения.

Затем накладывают переносные заземления - закоротки. Переносные заземления вначале присоединяют к земле , проверяют отсутствие нап­ряжения, а затем накладывают на электроустановку.

Наличие напряжения в электроустановках определяется переносными приборами, указателями напряжения и токоизмерительными клещами.

Большинство работ по обслуживанию и ремонту электроустановок гидросооружений выполняется лицами, имеющими квалификационную груп­пу не ниже 4.

6.1. **Правила технической эксплуатации электродвигателей.**

На электродвигатели и приводимые ими в движение механизмы должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения механизма и двигателя.

На коммутационных аппаратах ( выключателях, контакторах, магнит­ных пускателях и т.п. ), пускорегулирующих устройствах, предохрани­телях и т.п. должны быть надписи, указывающие, к какому электродви­гателю они относятся.

Плавкие вставки предохранителей должны быть калиброванны с ука­занием на клейме номинального тока вставки. Клеймо ставится заводом

- изготовителем или электротехнической лабораторией. Применять не­калиброванные вставки запрещается. Защита всех элементов сети пот­ребителей, а также технологическая блокировка узлов выполняются та­ким образом, чтобы исключался самозапуск электродвигателей ответс­твенных механизмов.

Коммутационные аппараты следует распологать возможно ближе к электродвигателю в местах, удобных для обслуживания, если по усло­виям экономичности и расхода кабеля не требуется иное расположение.

Для контроля наличия напряжения на групповых щитках и сборках электродвигателей размещаются вольтметры или сигнальные лампы.

Для обеспечения нормальной работы электродвигателей напряжение на шинах поддерживается в пределах 100 - 105% номинального. При не­обходимости допускается работа электродвигателя при отклонении нап­ряжения от -5 до +10% номинального.

Электродвигатель немедленно ( аварийно ) отключается от сети в случаях:

а) несчастный случай ( или угроза его ) с человеком;

б) появление дыма или огня из электродвигателя или его пускоре­гулирующей аппаратуры;

в) вибрация сверх допустимых норм, угрожающая целостности элект­родвигателя;

г) поломка приводного механизма;

д) нагрев подшипника сверх допустимой нормы, указанной в инс­трукции завода - изготовителя;

е) снижение частоты вращения, сопровождающееся быстрым нагревом электродвигателя.

Профилактические испытания и измерения на электродвигателях должны проводится в соответствии с нормами.

6.2. **Анализ вредных и опасных факторов на гидротехнических соо­ружениях. Нормы, мероприятия по поддержанию норм, меры безопаснос­ти.**

*Загрязнение воздуха*.

Все служебные и бытовые помещения обеспечены системой естествен­ной и принудительной вентиляции. Места затора воздуха располагаются в зоне наименьшего загрязнения.

*Уровень шума*

Для работы на гидросооружениях уровни шума регламентиуются "Ги­гиеническими нормами допустимых уровней звукового давления на рабо­чих местах".

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Среднегеометрические частоты октавных полос \*10 Гц | | | | | | | | Уровни  звука  в дБл |
| Уровни звукового давления | | | | | | | |
| 6,3 | 12,5 | 25 | 50 | 100 | 200 | 400 | 800 |
| При шуме, проника­ющем извне помеще­ний, находящихся на теретории прдп­риятия.  Для кабины наблюд­ений и дистанцион­ного управления. | 94 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |

*Освещение*

Для открытых територий портов, територии и камер шлюзов транс­портных гидросооружений могут быть приняты, в соответствии со СНиП:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование освещенного объекта | Разряд  по  СНиП | Характеристика работы по СНиП | Наименьшая освещенно­сть в Лк |
| Судоходные шлюзы |  | Грубые работы, требующие раз­личия объектов при отношении |  |
| а) територия | XVII | Наименьшего размера к рассто­янию до шлюза 0,05 и более. | 5 |
| б) акватория | XVI | Работы малой точности, требу­ющие общего наблюдения. | 10 |

Для производственных, общественных, служебных помещений берего­вых предприятий речного транспорта в соответствии со СНиП, нормы освещенности могут быть приняты:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование помещения | Разряд  по  СНиП | Наименьшая освещенность, Лк | | Уровень  рабочей  поверхности |
| Люминисцент­ные лампы | Лампы накалив­ания |
| Помещение пу­льта управле­ния шлюзом. |  |  |  |  |
| - в помещении | Vб | 150 | 100 | на полу |
| - на пульте  управления | IVа | 300 | 200 | на пульте |

6.3. **Электробезопасность**.

Для безопасного обслуживания шлюза предусмотренно выполнение ме­роприятий общего характера: ограждение движущихся частей, средства автоматической остановки и отключение оборудования от источников энергии при опасных неисправностях, авариях; блокировочные устройс­тва. Пульт управления снабжен сигнальными световыми устройствами. Организована периодическая проверка знаний персонала и его обуче­ние.

6.4. **Расчет защитного заземления трансформаторной подстанции.** Защитное заземление трансформаторной подстанции осуществляется с

помощью искуственных заземлителей. В качестве искуственных заземли­телей обычно применяют стальные трубы. Их количество определяется расчетом.

1. Удельное сопротивление грунта r принимаем: r = 0,4\*104 Ом\*см; грунт - глина.

2. Заземлитель выполняется из стальных труб Д = 20мм, l = 2м, соединенных стальными полосами 45\*4мм.

3. Сопротивление растекания одиночной трубы:

Rт.о.= 0,366\*r/l\*(ln(2\*l/d)+1/2\*ln((4\*h+l)/(4\*h-l))) =

= 0,366\*0,4\*104/2\*(ln(2\*2/0,02)+1/2\*ln((4\*0,6+2)/(4\*0,6-2)) =

= 34,18 Ом, где h = 0,6м - глубина погружения заземления.

4. Приблизительно определяем количество труб из условия Rз =40м.

n = Rт.о./(Rз\*h) = 34,18/(4\*0,6) = 24,24;

где, Rз - требуемое сопротивление заземлительного устройства;

h = 0,6 - коэффициент, учитывающий взаимное экранирование труб.

5. Определяем сопротивление Rn.o. одиночной стальной полосы ( без учета экранирования трубами ).

Rn.o.= 0,366\*r/l1\*ln(2\*l12/(b1\*h1));

где l1 - длинна полосы, м;

l1 = 4\*14,24 = 56,96 м;

b1 - 0,045 м - ширина полосы,

h1 = 0,6 м - глубина погружения полосы.

Rn.o.= 0,366\*0,4\*102/56,96\*ln(2\*56,962/(0,045\*0,6)) = 1,33 Ом

6. Определяем необходимое сопротивление труб, обеспечивающее сопротивление контура не более заданной величины.

Rт = Rn\*Rз/(Rn+Rз); где Rn = Rn.o./hп = 1,33/0,32 = 4,16 Ом

Rn - сопротивление полосы с учетом экранирования трубами, hп =

0,32 - коэффициент, зависящий от отношения расстояния между трубами к длине трубы.

Rт = 4,16\*4/(4,16+4) = 2,04 Ом

Уточняем количество труб.

n = Rт.о./h\*Rт = 34,18/(0,61\*2,04) = 27,47

Принимаем n = 28 труб.

**7. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.**

Расчет годового экономического эффекта от внедрения автоматизи­рованной системы управления технологическим процессом проводки су­дов через шлюзованный канал ( АСУТП "Канал" ). Данная модернизация входит в АСУТП "Канал". В плане работ по совершенствованию техноло­гического процесса проводки флота по каналу установлена возможность снижения времени нахождения судов в водах канала с одновременным увеличение его пропускной способности. Для практической реализации такой возможности создается автоматизированная система управления технологическим процессом.

На научно - исследовательские работы было затрачено 2 года. Про­ектирование намечено проводить 3 года. На внедрение и освоение сис­темы отводится 1 год. В качестве расчетного принимается год внедре­ния и освоения системы.

Распределение капитальных вложений по годам: Kt1 = 2 млн.руб. Kt2 = 2,4 млн.руб. Kt3 = 3,2 млн.руб. Kt4 = 4 млн.руб. Kt5 = 24 млн.руб Kt6 = 44 млн.руб. Капитальные вложения, приведенные к расчетному году, будет составлять.

K2 = S Kti\*(1-e)6-i = 2\*442+2,4\*444+3,2\*443+4\*442+24\*441+44\*440= = 320 млн.руб.

Грузооборот по каналу за навигацию ( А1; А2 ),млн.тон: базового 13; проекторуемого 21.

Годовые эксплуатационные затраты по каналу и флоту за время на­хождения его в водах канала ( S1; S2 ) млн.руб: базового 348 мил.руб, проектируемого 369,6 мил.руб.

Средний пробег с грузом за один оборот судна ( l ) км; проекти­руемого 500.

Средняя доходная ставка по перевозкам ( d ), руб/10 т\*км. 1380 руб.

Средняя себестоемость перевозок ( S ), руб/10 т\*км. 844 руб.

Расчет экономического эффекта:

Эф = S1(A1)- S2(A2)- Eн\*К2+DП

Дополнительная прибыль DП рассчитывается:

DП = (A2-A1)\*l/2\*(d-S) = (21-13)\*500/2\*(1380-844)\*0,001 = 105 млн.руб.

Эф = 348-369,6-0,3\*320+105 = 404 млн.руб.

**8. ЛИТЕРАТУРА**

1. В.П.Шорин "Электрооборудование водных путей и технического флота".

М; Транспорт 1990 г.

2. П.П.Онохов "Механическое оборудование шлюзов и судоподьемни­ков".

М; Транспорт 1973 г.

3. А.В.Михайлов "Судоходные шлюзы".

М; Транспорт 1966 г.

4. С.А.Попов "Автоматизация производственных процессов на водном транспорте".

М; Транспорт 1983 г.

5. "Теория электрического привода" ЛИВТ 1979 г.

Методическое указания.

6. В.П.Шорин; Е.И.ВАСИЛЬЕВ; А.А.Ишимикли; "Электрооборудование и автоматизация береговых установок ( гидротехнических ). ЛИВТ 1983 г. методоческие указания.

7. Ю.В.Аграновский; Ю.А.Бровцинов; А.А.Ишимикли. "Электрообору­дование и автоматизация портовых перегрузочных машин". ЛИВТ 1981 г.

Методические указания.

8. Э.А.Гомзиков "Электробезопасность на судах и предприятиях речного транспорта".

ЛИВТ 1991 г. Методические указания.

9."ПТБ и ПТЭ электроустановок".

М; Энергоатомиздат 1989 г.

10. В.П.Андреев, Ю.А.Сабинин

"Основы электропривода"

М.-Л: Госэнергоиздат 1963 г.

11. К.Т.Витюк, Ю.А.Рейнцгольдт, В.П.Шорин.

"Электрооборудование и автоматизация береговых установок на реч­ном транспорте". М; Транспорт 1979 г.

12. А.А.Ярустовский "Механическое оборудование шлюзов".

М; Транспорт 1967 г.