

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
Автоматизация в системах водоснабжения АПК**

Направление подготовки **27.03.04 Управление в технических системах**

Профиль подготовки **«Системы и средства автоматизации технологических процессов»**

Форма обучения **очная**

СОДЕРЖАНИЕ

1.1 Конспект лекций

1.2 Лекция № 1 Особенности организации водоснабжения в сельском хозяйстве.....	3
1.3 Лекция № 2 Характеристика и последствия различных видов аварийных режимов.....	6
1.4 Лекция № 4 Анализ режимов работы электронасосных агрегатов и систем водоподдачи.....	9
1.5 Лекция № 5 Системы и способы регулирования уровня воды в водонапорной башне.....	12
1.6 Лекция № 5 Элементы и схемы систем защиты электроприводов от перегрузки.....	13
1.7 Лекция № 6 Защита электродвигателей насосов от асимметрии тока.....	15
1.8 Лекция № 7 Предпусковой контроль сопротивления изоляции и наличия обрывов цепей обмоток электродвигателя.....	18
1.9 Лекция № 8 Защита от понижения напряжения и асимметрии напряжения в электрической сети. Комбинированные устройства защиты.....	20
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Изучение универсального лабораторного и испытательного стендов.....	23
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2,3 Исследование схем регулирования уровней воды в водонапорной башне и скважине.....	28
2.3 Лабораторная работа № ЛР-4,5 Исследование схем защиты электронасосных агрегатов от перегрузки и асимметрии тока.....	34
2.4 Лабораторная работа № ЛР-6,7 Изучение устройств защиты электродвигателей от асимметрии напряжений и от понижения изоляции обмоток электродвигателя.....	37

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Особенности организации водоснабжения в сельском хозяйстве»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Особенности организации водоснабжения в сельском хозяйстве
2. Виды и типы электронасосных агрегатов
3. Состав устройств управления и защиты электродвигателей

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Особенности организации водоснабжения в сельском хозяйстве

Вода в сельском хозяйстве расходуется в значительных количествах на хозяйственно-питьевые нужды населения, на животноводческих фермах, на предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, на приготовление жидких подкормок для пропашных культур, на охлаждение двигателей сельскохозяйственных машин и автомобилей, на полив растений в парниках и теплицах.

Для удовлетворения перечисленных потребностей в воде используются системы сельскохозяйственного водоснабжения, а для полива всевозможных сельскохозяйственных культур в открытом грунте — оросительные системы.

При проектировании систем сельскохозяйственного водоснабжения следует пользоваться строительными нормами и правилами, а также соответствующими ведомственными указаниями и рекомендациями.

Системы сельскохозяйственного водоснабжения по их назначению можно подразделить на следующие группы: 1) системы водоснабжения поселков совхозов и колхозов, а также ремонтно-технических станций; 2) системы водоснабжения животноводческих промышленных комплексов и отдельно стоящих ферм; 3) системы пастбищного водоснабжения; 4) системы полевого водоснабжения. Каждая из перечисленных групп имеет свои специфические особенности в части организации водоснабжения и его схемы.

Эти системы подают воду на нужды населения, животноводства, парка сельскохозяйственных машин и автомобилей, ремонтных мастерских, предприятий по первичной переработке сельскохозяйственных продуктов (маслозаводы и др.), для полива растений в теплицах и парниках и для пожаротушения.

В качестве источников водоснабжения сельских населенных мест в первую очередь стремятся использовать подземные воды и только в тех случаях, когда качество их оказывается неудовлетворительным или дебит подземных источников мал, используются воды поверхностных источников.

При наличии хорошо защищенных с поверхности подземных вод, качество которых отвечает требованиям ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая», система водоснабжения сельского поселка будет состоять из водозаборного сооружения в виде двух или нескольких трубчатых колодцев, оборудованных погружными насосами, из регулирующих резервуаров насосной станции второго подъема и разводящей сети.

На насосной станции второго подъема устанавливают хозяйственные насосы с производительностью, позволяющей подавать и пиковые, и минимальные расходы воды, а также пожарный насос, параметры которого обеспечивают тушение пожара непосредственно из пожарных гидрантов (без пожарной машины).

В здания административного и культурно-бытового назначения, в больницы, детские сады, ясли и многоэтажные жилые здания, а также в помещения ремонтно-механических мастерских и животноводческих ферм устраиваются водопроводные вводы.

Население, проживающее в одноэтажных жилых зданиях, получает воду, как правило, из водоразборных колонок.

В тех случаях, когда качество подземных вод не отвечает требованиям ГОСТ к питьевой воде, система водоснабжения дополняется устройствами для обработки воды. Такая система водоснабжения обеспечивает сельское население доброкачественной и сравнительно дешевой водой.

При использовании для целей водоснабжения поверхностного источника (реки, озера) система водоснабжения меняется в отношении типа водоприемного сооружения, а также сооружений для очистки и обеззараживания воды.

2. Виды и типы электронасосных агрегатов

Центробежные насосы классифицируют по следующим признакам:

по расположению вала насоса – горизонтальные и вертикальные;

по числу рабочих колес – одно- и многоступенчатые;

по способу подвода воды к рабочему колесу – с односторонним и двусторонним подводом;

по создаваемому напору – мало-, средне- и высоконапорные.

Особенность центробежного насоса – тесная взаимосвязь между подачей и напором. С увеличением подачи напор насоса уменьшается, а с уменьшением подачи – возрастает.

Центробежные насосы – быстроходные машины. Непосредственное соединение их с быстроходными двигателями позволяет создавать компактные электронасосные агрегаты, не требующие для своего монтажа больших площадей.

Объемные насосы, или насосы вытеснения, разделяют на поршневые, плунжерные, ротационные (винтовые, шестеренные и пластинчатые), диафрагменные и насосы замещения. Работа этих насосов основана на попеременном изменении объема рабочей камеры. В первой половине рабочего процесса объем рабочей камеры увеличивается, в камере создается разрежение, и жидкость из источников вследствие разностей давлений засасывается в камеру. В течение второй половины рабочего процесса объем рабочей камеры уменьшается, и жидкость из нее вытесняется.

Водоструйные установки подают воду из шахтных колодцев и буровых скважин.

Любой насос может перекачивать воду лишь при условии, если высота всасывания не превышает определенного значения (теоретически равного 10 мвод.ст., а практически в пределах 6...7м). сочетание насоса со струйным аппаратом позволяет насосу поднимать воду с глубин более 10 м.

Водоподъемники не располагают свободным напором и могут поднимать воду из источника только на поверхность земли.

Эмульсионные водоподъемники, или эрлифты, представляют собой устройство, предназначенное для подачи жидкости из колодцев с использованием сжатого воздуха. Принцип работы эрлифта основан на использовании разности средней плотности воды и воздушно-водяной эмульсии.

Гидравлические тараны – это автоматически действующие водоподъемники, простые по конструкции, надежные в эксплуатации не требующие для пуска и работы какого-либо двигателя. Принцип работы этих водоподъемников основан на использовании силы гидравлического удара, всегда возникающего в трубопроводе, если резко затормозить в нем движение жидкости. Ими поднимают воду из открытых источников при наличии естественного или искусственного перепада воды от 0,5 до 10м.

Безнапорные водоподъемники (ленточные и шнуровые) используют для механизации подъема воды на пастбищах.

Водочерпальные водоподъемники относят к типу безнапорных водоподъемников. Их разделяют на черпаковые и капиллярные.

Черпаковые водоподъемники поднимают жидкость, непосредственно зачерпывая ее ковшами, черпаками или другими рабочими органами, установленными на бесконечной ленте.

Работа капиллярных водоподъемников основана на явлении смачивания. При перемещении рабочей ветви бесконечной ленты снизу вверх последняя, проходя через слой жидкости в источнике, смачивается, захватывает прилипшие к ней частицы жидкости и выносит их на поверхность.

3. Состав устройств управления и защиты электродвигателей

Основными неисправностями в электросети, которые могут привести к повреждению электродвигателя являются:

- пропадание напряжения;
- превышение максимально-допустимого напряжения;
- обрыв фазы или нейтрали;
- ошибки чередования фаз;
- асимметрия напряжения.

Автоматические выключатели обеспечивают своевременное отключение электродвигателя в случае возникновения аварийных ситуаций.

Защита электродвигателя автоматическими выключателями обеспечивается от:

- короткого замыкания;
 - превышения допустимого тока.
- Реле обеспечивают защиту от:
- обрыва фазы;
 - понижения или повышения напряжения;
 - нарушения чередования фаз.

Частотные регуляторы предназначены для регулирования частоты вращения электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Эти частотные регуляторы разработаны с использованием новейших технических решений и соответствуют лучшим мировым стандартам. При этом они отличаются компактностью, простой установки и не высокой стоимостью. В частотных приводах используется новейшее программное обеспечение, что в совокупности с современными структурными решениями обеспечивает высокий уровень быстродействия.

Типы частотных регуляторов

однофазные 0,2 -2,2 кВт 230 В

однофазные 0,2 -2,2 кВт 230 В, трехфазные 0,75 -15 кВт 400 В

трехфазные 18,5 -630 кВт 400 В

Частотные регуляторы обеспечивают защиту электродвигателя от:

- короткого замыкания на выходе и на землю;
- перегрева преобразователя;
- превышения момента на валу двигателя/

Устройства плавного пуска представляют собой тиристорные одно- или трехфазные приборы, медленно повышающие частоту электрического тока по мере раскручивания ротора. Плавное повышение частоты позволяет обеспечить требуемое «скольжение», равномерное распределение электрического тока в «беличьей клетке» замкнутого ротора, предотвращает броски тока в катушках возбуждения при неподвижном роторе.

Основные функции устройств плавного пуска

Плавный пуск

пуск двигателя с заданным ограничением пускового тока

пуск двигателя с плавным увеличением напряжения

пуск двигателя с начальным моментом "сдвинуть"

Плавная остановка

плавная остановка двигателя с заданной интенсивностью
динамическое торможение

Защита электродвигателя устройствами плавного пуска обеспечивается от:
превышения допустимого тока в катушке возбуждения;
обрыва фазы;
межвиткового короткого замыкания.

1. 2 Лекция № 2(2 часа).

Тема: «Характеристика и последствия различных видов аварийных режимов»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Короткие замыкания; перегрузки по току
2. Понижение сопротивления изоляции;
3. Асимметричные режимы работы.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Короткие замыкания; перегрузки по току

В обмотках электродвигателей могут возникать замыкания на землю одной фазы статора, замыкания между витками и многофазные КЗ. Замыкания на землю и многофазные КЗ могут также возникать на выводах электродвигателей, в кабелях, муфтах и воронках. Короткие замыкания в электродвигателях сопровождаются прохождением больших токов, разрушающих изоляцию и медь обмоток, сталь ротора и статора. Для защиты электродвигателей от многофазных КЗ служит токовая отсечка или продольная дифференциальная защита, действующие на отключение.

Однофазные замыкания на землю в обмотках статора электродвигателей напряжением 3—10 кВ менее опасны по сравнению с КЗ, так как сопровождаются прохождением токов 5—20 А, определяемых емкостным током сети. Учитывая сравнительно небольшую стоимость электродвигателей мощностью менее 2000 кВт, защита от замыканий на землю устанавливается на них при токе замыкания на землю более 10 А, а на электродвигателях мощностью более 2000 кВт — при токе замыкания на землю более 5 А защита действует на отключение.

Защита от витковых замыканий на электродвигателях не устанавливается. Ликвидация повреждений этого вида осуществляется другими защитами электродвигателей, поскольку витковые замыкания в большинстве случаев сопровождаются замыканием на землю или переходят в многофазное КЗ.

Электродвигатели напряжением до 600 В защищаются от КЗ всех видов (в том числе и от однофазных) с помощью плавких предохранителей или быстродействующих электромагнитных расцепителей автоматических выключателей.

Основным видом ненормального режима работы для электродвигателей является перегрузка их токами больше номинального. Допустимое время перегрузки электродвигателей, с, определяется по следующему выражению:

$$t = \frac{A}{k^2 - 1}, \quad (10.1)$$

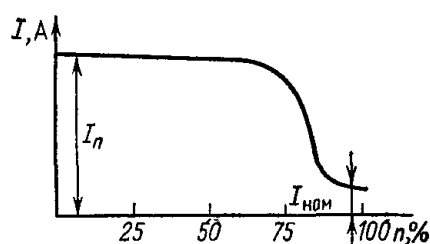


Рис. 6.1. Зависимость тока электродвигателя от частоты вращения ротора.

где k — кратность тока электродвигателя по отношению к номинальному; A — коэффициент, зависящий от типа и исполнения электродвигателя: $A = 250$ — для закрытых электродвигателей, имеющих большую массу и размеры, $A = 150$ — для открытых электродвигателей.

Перегрузка электродвигателей может возникнуть вследствие перегрузки механизма (например, завала углем мельницы или дробилки, забивания пылью вентилятора или кусками шлака насоса золоудаления и т. п.) и его неисправности (например, повреждения подшипников и т. п.).

Токи, значительно превышающие номинальные, проходят при пуске и самозапуске электродвигателей. Это происходит вследствие уменьшения сопротивления электродвигателя при уменьшении его частоты вращения.

Зависимость тока электродвигателя I от частоты вращения n при постоянном напряжении на его выводах приведена на рис. 6.1. Ток имеет наибольшее значение, когда ротор электродвигателя остановлен; этот ток, называемый пусковым, в несколько раз превышает номинальное значение тока электродвигателя. Защита от перегрузки может действовать на сигнал, разгрузку механизма или отключение электродвигателя.

После отключения КЗ напряжение на выводах электродвигателя восстанавливается и частота его вращения начинает увеличиваться. При этом по обмоткам электродвигателя проходят большие токи, значения которых определяются частотой вращения электродвигателя и напряжением на его выводах. Снижение частоты вращения всего на 10—25 % приводит к уменьшению сопротивления электродвигателя до минимального значения, соответствующего пусковому току. Восстановление нормальной работы электродвигателя после отключения КЗ называется самозапуском, а токи, проходящие при этом, — токами самозапуска.

2. Понижение сопротивления изоляции;

Все изоляционные материалы, идущие на изготовление электрических машин, подразделяют на 5 классов нагревостойкости: А, Е, В, F, Н.

Каждый класс изоляции характеризуется предельно допустимой температурой нагрева, до которой изоляция не теряет своих диэлектрических свойств.

Номинальную нагрузку электродвигателя более рационально устанавливать по нормированному превышению температуры.

Если температура окружающей среды ниже 400С, то нагрузку электродвигателя увеличивать не следует.

Объясняется это тем, что при большей разности температур между температурой электрической машины и температурой окружающей среды будет происходить не тепловой износ изоляции, а физический, который вызовет ее растрескивание. Тепловой износ изоляции имеет место лишь при температурах электрической машины выше нормированного значения.

Температурная характеристика классов изоляции

Класс изоляции	А	Е	В	F	Н	С
Предельно допустимая температура, °С	105	120	130	155	180	180
Предельно допустимое превышение температуры, °С	60	75	80	100	125	125

Согласно известному правилу Монзингера превышение температуры обмотки статора над номинальным значением на каждые 100С,130С соответственно для классов изоляции В и F сокращает срок службы изоляции в два раза.

3. Асимметричные режимы работы.

При измеренных на клеммах [электродвигателя](#) колебаниях напряжения в пределах 6 / -10% от указанного в фирменной табличке номинального значения, можно ожидать расчетного срока службы электродвигателя. Это произойдет в том случае, если потребляемый ток не превышает указанную на фирменной табличке величину при полной нагрузке, электродвигатель в достаточной мере охлаждается и не возникает никаких скачков напряжения или асимметрии. В случаях, если перепады выше допустимых пределов кратковременны, также не следует ожидать значительного сокращения срока службы электродвигателя, если только значения пиков не будут настолько велики, что это приведет к возникновению короткого замыкания в обмотках статора.

Однако при постоянных или длительных колебаниях напряжения выше 6 / -10% следует выбрать [электродвигатель](#) промышленного назначения позволяющий добиться приемлемого срока службы и КПД. Например, для особенно сложных случаев ведущие компании разрабатывают специальные серии электродвигателей промышленного назначения (как правило, мощностью от 2,2 до 22 кВт) с высоким КПД. Например, эти [электродвигатели](#) используются в серийных скважинных насосах GRUNDFOS, которые с успехом применялись в различных регионах России. Так, в г. Сухой Лог Свердловской области насосы серии SP-125, оборудованные УПП, обеспечивают водоснабжение города и прилегающих поселков и завода. При том, что скачки напряжения здесь не редкость, оборудование работает без проблем и позволило снизить электропотребление на 15%.

Особенностью электродвигателей общепромышленного назначения, наряду с повышенным КПД, является более эффективное охлаждение благодаря больше площади поверхности (на 20 – 30%). Следовательно, эти [электродвигатели](#) обладают значительно меньшей чувствительностью к пониженному напряжению, асимметрии фаз и недостаточному охлаждению (вызываемому отложениями на электродвигателе, вызванными плохим качеством воды). Кроме того, промышленные электродвигатели устойчивее к коррозии.

Следует отметить, что наибольшей надежностью обладают электродвигатели промышленного назначения, защита которых осуществляется устройством МРТ 75 или блоком МР 204.

Как известно, при минимальной асимметрии тока достигается максимальный КПД электродвигателя и наиболее длительный срок его службы. Вот почему важна равномерная нагрузка всех фаз.

В теории, одинаковое номинальное напряжение должно подаваться на все три фазы. Как правило, вблизи низковольтных трансформаторов так и происходит. Однако следует учитывать, что для предотвращения повышения или понижения напряжения на отдельных фазах при полной нагрузке сети все однофазные агрегаты должны быть равномерно распределены по трем фазам. Это должно быть сделано, поскольку такие устройства часто работают в режиме частых циклов включения/выключения и могут стать причиной асимметрии («перекоса») фаз.

Перекас фаз может быть вызван также асимметрией тока в линиях электропередач, а также изношенными либо окисленными контакторами. На случай возможной асимметрии в цепи нужно до включения электродвигателя в сеть проконсультироваться с представителями энергоснабжающего предприятия.

Асимметрия тока не должна превышать 5%, а при использовании пульта CU 3 — 10%.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Анализ режимов работы электронасосных агрегатов и систем водоподачи»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Системы с непосредственной подачей воды в водонапорную сеть
2. Системы с регулированием частоты вращения электронасоса, системы с использованием водонапорной башни

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Системы с непосредственной подачей воды в водонапорную сеть

Для подъема и раздачи воды применяют водонасосные установки, состоящие из водоприемников, очистительных сооружений, резервуаров чистой воды или водонапорных башен, соединительной водопроводной сети и электронасосов со станциями управления. Наиболее широко в сельском хозяйстве распространены центробежные и осевые насосы. Насосы выполняют в моноблоке с электродвигателями и погружают в воду или располагают на поверхности земли.

Для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев используют также плавающие центробежные насосы. Широко распространены так называемые объемно-инерционные насосы с электромагнитным вибрационным приводом, рассчитанные на малую подачу воды (до 1 м³/ч при напоре 20 м).

В водоснабжении используют водонасосные установки трех типов: башенные с водонапорным баком, безбашенные с водонапорным котлом и непосредственной подачей воды в водопроводную сеть. Почти в 90 % случаев используют башенные водонасосные установки с расходом воды до 30 м³/ч. Если расход воды составляет 30...65 м³/ч, то рекомендуют двухагрегатные насосные станции с водонапорным котлом. При расходе воды более 65 м³/ч экономически целесообразно использовать насосные установки с непосредственной подачей воды в распределительную сеть.

Безбашенная автоматическая водоподъемная установка типа ВУ (рис. 1.1) предназначена для подъема воды из открытых водоемов и шахтных колодцев глубиной до 5 м при напоре 25...80 м. Установка состоит из всасывающей трубы 1 с приемным фильтром насосного агрегата 2, нагнетательной 3 и водоразборной 12 труб с запирающими вентилями 5, воздушно-водяного бака 4 с датчиком давления 8 и струйным регулятором запаса воздуха, имеющего камеру смешивания 6, воздушный клапан 7, жиклер 10 и диффузор 11.

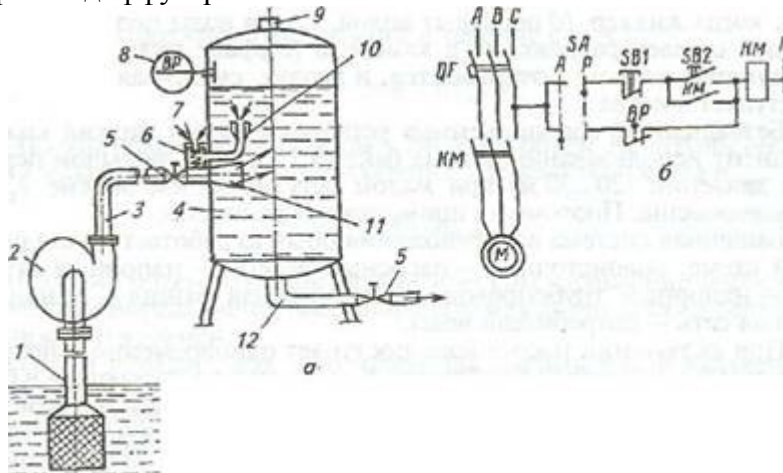


Рис.1.1. Технологическая схема водоподъемной установки типа ВУ (а) и принципиальная электрическая схема управления ею (б):

1 – всасывающая труба; 2 – насосный агрегат; 3 – нагнетательная труба; 4 – воздушно-водяной бак; 5 – запирающий вентиль; 6 – камера смешивания; 7 – воздушный

клапан; 8 – датчик давления; 9 – предохранительный клапан; 10 – жиклер; 11 – диффузор; 12 – водозаборная труба

Схема управления в автоматическом режиме работает следующим образом. Вода к потребителю поступает под давлением воздушной подушки, расположенной над водой в котле. При разборе воды из котла давление в котле снижается и контакты манометрического датчика давления ВР замыкаются, катушка магнитного пускателя КМ получает питание и включает электронасос.

2. Системы с регулированием частоты вращения электронасоса, системы с использованием водонапорной башни

Этот способ регулирования в экономическом отношении значительно эффективнее остальных.

При изменении частоты вращения рабочего колеса насоса с n_1 до n_2 его характеристики $Q-H$, $Q-N$, и $Q-\eta$ изменяются по закону подобия:

$$Q_A/Q_B = n_1/n_2, \quad H_A/H_B = (n_1/n_2)^2, \quad N_A/N_B = (n_1/n_2)^3,$$

где Q_A , H_A , N_A – подача, напор и мощность насоса, соответствующие частоте вращения рабочего колеса n_1 ; Q_B , H_B , N_B – подача, напор и мощность насоса, соответствующие частоте вращения рабочего колеса n_2 .

При неизменной характеристике сети 4 (рис. 1) подача насоса уменьшится с Q_A до Q_B

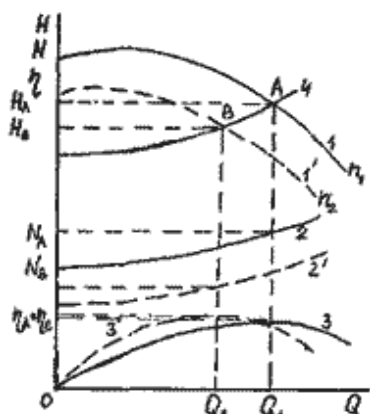


Рис. 1. Характеристики насоса и сети при регулировании изменением частоты вращения рабочего колеса

Так как во всех режимах работы напор насоса равен сопротивлению сети, сокращаются непроизводительные потери в системе «насос-сеть». Экономичность при регулировании насосов изменением частоты вращения n снижается только от того, что рабочая точка системы при изменении n отклоняется от режима максимального КПД. Это отклонение тем больше, чем больше статическая составляющая сопротивления сети.

Данный способ достаточно просто может быть реализован, если насосы имеют привод от двигателей с переменной частотой вращения: турбин, гидродвигателей и др.

В большинстве случаев насосы имеют привод от асинхронных короткозамкнутых электродвигателей, частота вращения которых не регулируется. Для регулирования частоты вращения насосов с приводом от асинхронного короткозамкнутого электродвигателя рекомендуются следующие системы:

- с механическим редуктором (с регулируемым числом передачи);
- с электромагнитной муфтой скольжения;
- с электромагнитной муфтой с явно выраженными полюсами;
- с индукторными муфтами;
- с гидромуфтами (гидротрансформаторами).

Во всех этих случаях асинхронный двигатель работает в номинальном режиме, однако более чем в два раза увеличиваются габаритные размеры агрегата. Для электромагнитных муфт необходим источник постоянного тока. КПД систем не превышает 0,6.

Регулировать асинхронные короткозамкнутые двигатели можно за счет изменения частоты в сети, числа пар полюсов двигателя или скольжения.

КПД электродвигателя зависит от его нагрузки, т.е. отношения рабочей мощности насоса к номинальной мощности двигателя. При регулировании подачи насоса частотой вращения с помощью асинхронного двигателя с фазным ротором необходимо учитывать также потери в регулирующем реостате, определяемые из выражения:

$$\eta_{\text{дв}} = \eta_{\text{ас.дв}} \cdot n / n_n,$$

где $\eta_{\text{дв}}$ – полный КПД двигателя с реостатом;
 $\eta_{\text{ас.дв}}$ – КПД асинхронного двигателя, зависящий от нагрузки;
 n – рабочая частота вращения вала двигателя;
 n_n – номинальная частота вращения вала двигателя.

При регулировании частоты вращения с помощью тиристорного преобразователя частоты его КПД определяют в зависимости от отношения выходного рабочего напряжения к номинальному:

$$u / u_n = [(M \cdot n) / (M_n \cdot n_n)]^{1/2},$$

где u , M , n – рабочие значения напряжения, момента и частоты вращения вала насоса;
 u_n , M_n , n_n – номинальные значения тех же величин.

Для регулирования подачи насоса предложен комбинированный способ, сочетающий изменение частоты вращения рабочего колеса насоса с дросселированием. На рис. 26 изображены характеристики насоса 1 и сети 3.

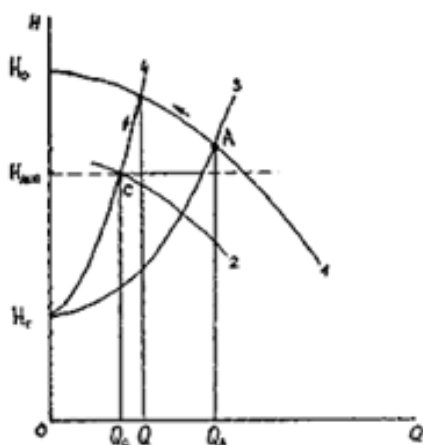


Рис. 26. Характеристики насоса и сети при регулировании изменением частоты вращения рабочего колеса и дросселированием

Подача насоса, определяемая их пересечением, равна Q_a . Пусть требуется изменить подачу насоса до величины Q_c и при этом напор должен быть минимально допустимым и в процессе регулирования не снижаться меньше $H_{\text{доп}}$. Для этого сначала осуществляют дросселирование трубопровода до расхода, определяемого соотношением:

$$Q = Q_c \cdot [(H_0 - H_g) / (H_{\text{доп}} - H_g + k \cdot Q_c^2)]^{1/2}$$

(характеристика сети определяется кривой 4), а затем уменьшают частоту вращения рабочего колеса до значения

$$n = n_0 \cdot [(H_{\text{доп}} \cdot k \cdot Q_c^2) / H_0],$$

где n_0 – исходная частота вращения насоса.

При этом рабочая точка переходит в точку С, а характеристика насоса определяется кривой 2.

1. 4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Системы и способы регулирования уровня воды в водонапорной башне»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Системы и способы регулирования уровня воды в водонапорной башне
2. Датчики уровней

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Системы и способы регулирования уровня воды в водонапорной башне

Принцип работы водонапорной башни заключается в том, что погружной насос водонапорной башни Рожновского, опущенный в скважину, подает воду по системе водопроводов в водонапорную БР. Когда вода поднимается до верхней отметки, датчик уровня дает команду на отключение подачи воды. Автоматической работой водонапорной башни Рожновского, включением и отключением насоса занимается простейшая автоматика. По мере разбора воды в систему водопотребителей, уровень воды в баке башни понижается, и по достижении нижней отметки, датчик нижнего уровня (ДУ) воды дает команду на включение в работу скважинного насоса в автоматическом режиме, и уровень воды в баке снова повышается, пока датчик верхнего уровня воды не отключит насос. Таким образом, башня с баком для воды при работе постоянно имеет запас воды, определяющийся объемом башни Рожновского от нулевой отметки до верхнего уровня наполнения.

Металлические водонапорные башни Рожновского устанавливаются и работают там, где:

большое количество водопотребителей в системе водоснабжения, расходующих большой объем воды.

находится в работе водопроводная система старого образца, построенная ранее, которая не выдерживает давления, необходимого для использования более современных технологий водоснабжения.

есть места, где часты отключения света и возможны перебои с электропитанием для работы насосов водоснабжения.

устройство системы водопотребления в своей работе требует большой запас воды.

2. Датчики уровней

По принципу действия датчики уровня могут быть:

Емкостными

Поплавковыми

Радарного типа

Ультразвуковыми

Гидростатическими

Ниже кратко рассмотрены основные виды.

Емкостной датчик уровня

В основу работы данного типа датчика положено свойство конденсатора изменять свою ёмкость при изменении состава и распределения материала диэлектрика, разделяющего пластины конденсатора. Это свойство применяется во многих емкостных детекторах например в [емкостных датчиках влажности](#).

Поплавковый датчик уровня

Датчики данного типа имеют достаточно простое устройство. Существует несколько конфигураций, выдающих на выход как дискретный, так и непрерывный сигнал, последние можно разделить на две категории – механические и магнитострикционные. В магнитострикционных датчиках в качестве одного из элементов

также используется поплавков, в остальном же они довольно сильно отличаются от обычных механических поплавковых датчиков.

Радарный датчик уровня

Главным элементом данного датчика является радиолокатор, частота излучения которого изменяется по линейному закону. Предполагается, что жидкость отражает излучение локатора, поэтому если расположить излучатель-приёмник внутри резервуара согласно схеме (Рисунок 4) и фиксировать задержку отражённого сигнала относительно сигнала источника – можно определить уровень жидкости по величине задержки. Для определения задержки используется линейная модуляция частоты источника. Если частота исходного сигнала изменяется по линейному закону (например, непрерывно возрастает), то отражённый сигнал, имеющий временной сдвиг относительно исходного, будет иметь также и меньшую частоту. По величине частотного сдвига можно однозначно судить о величине временной задержки между двумя сигналами, а значит и о расстоянии до поверхности жидкости.

Ультразвуковой датчик уровня

В датчиках данного типа используется схема, во многом сходная со схемой датчика радарного типа. В резервуаре устанавливается блок, состоящий из генератора и приёмника ультразвуковых волн (точно также как например в [ультразвуковых расходомерах](#) и [ультразвуковых дефектоскопах](#)). Излучение генератора УВ проходит газовую среду, отражается от поверхности жидкости и попадает на приёмник. Определив временную задержку между излучением и приёмом и зная скорость распространения ультразвука в данной газовой среде, можно вычислить расстояние до поверхности жидкости – то есть определить её уровень.

Гидростатический датчик уровня

С помощью датчиков данного типа уровень жидкости в резервуаре определяется путём измерения гидростатического давления столба жидкости над чувствительным элементом датчика ([детектором давления](#)). Согласно зависимости (2) высота столба определённой жидкости пропорциональна давлению в данной точке:

1. 5 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Элементы и схемы систем защиты электроприводов от перегрузки»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Элементы и схемы систем защиты электроприводов от перегрузки.

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Элементы и схемы систем защиты электроприводов от перегрузки.

Тепловые реле применяются для защиты электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности, а также от обрыва одной из фаз. Конструктивно представляют собой набор биметаллических расцепителей (по одному на каждую фазу), по которым протекает ток электродвигателя, оказывающий тепловое действие. Под действием тепла происходит изгиб биметаллической пластины, приводящий в действие механизм расцепления. При этом происходит изменение состояния вспомогательных контактов, которые используются в цепях управления и сигнализации. Реле снабжаются биметаллическим температурным компенсатором с обратным прогибом по отношению к биметаллическим пластинам для компенсации зависимости от температуры окружающей среды, обладают возможностью ручного или автоматического взвода (возврата). Реле имеет шкалу, калиброванную в амперах. В соответствии с международными стандартами шкала должна соответствовать значению номинального тока двигателя, а не тока срабатывания. Ток несрабатывания реле составляет 1,05 I ном. При перегрузке

электродвигателя на 20% ($1,2 I_{\text{ном}}$), произойдет его срабатывание в соответствии с токово-временной характеристикой.

Реле, в зависимости от конструкции, могут монтироваться непосредственно на магнитные пускатели, в корпуса пускателей или на щиты. Правильно подобранные тепловые реле защищают двигатель не только от перегрузки, но и от заклинивания ротора, перекоса фаз и от затынутого пуска.

Нереверсивная схема подключения двигателя через магнитный пускатель с катушкой 380В и тепловое реле

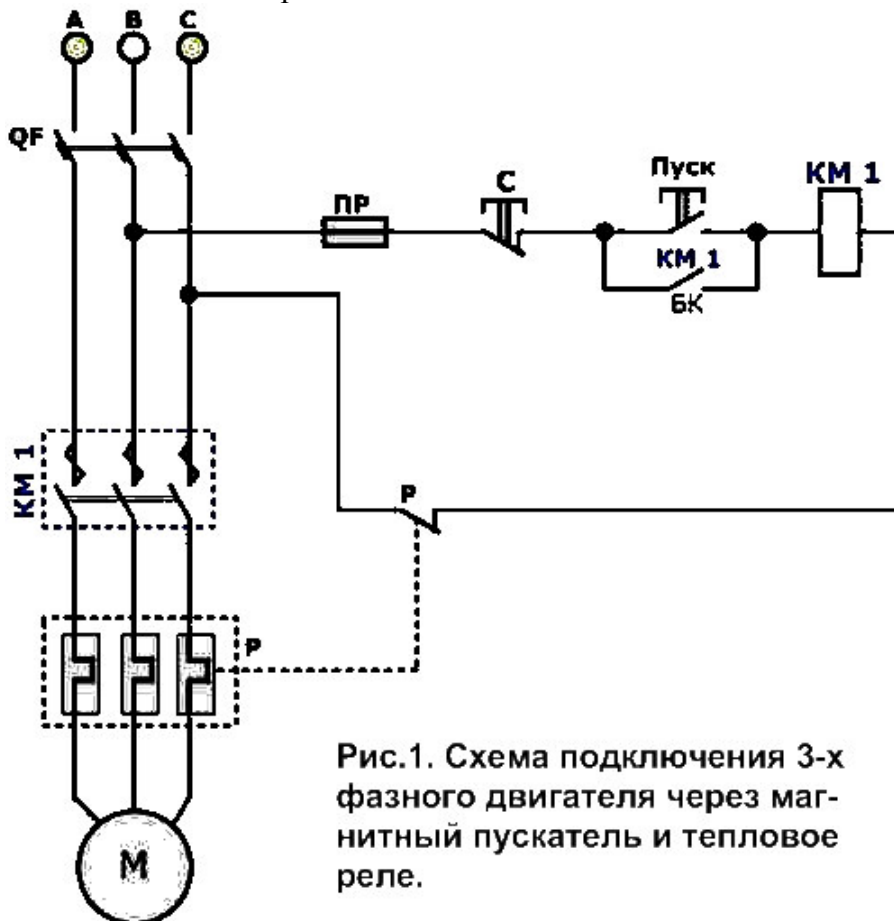


Рис.1. Схема подключения 3-х фазного двигателя через магнитный пускатель и тепловое реле.

Схема состоит:

из QF — автоматического выключателя; КМ1 — магнитного пускателя; Р — теплового реле; М — асинхронного двигателя; ПР — предохранителя; кнопки управления (С-стоп, Пуск). Рассмотрим работу схемы в динамике. Включаем питание QF — автоматическим выключателем, нажимаем кнопку «Пуск» своим нормально разомкнутым контактом подает напряжение на катушку КМ1 — магнитного пускателя. КМ1 — магнитный пускатель срабатывает и своими нормально разомкнутыми, силовыми контактами подает напряжение на двигатель. Для того чтобы не удерживать кнопку «Пуск», чтобы двигатель работал, нужно ее зашунтировать, нормально разомкнутым блок контактом КМ1 — магнитного пускателя. При срабатывании пускателя блок контакт замыкается и можно отпустить кнопку «Пуск» ток побежит через блок контакт на КМ1 — катушку. Отключаем двигатель, нажимаем кнопку «С — стоп», нормально замкнутый контакт размыкается и прекращается подача напряжение к КМ1 — катушке, сердечник пускателя под действием пружин возвращается в исходное положение, соответственно контакты возвращаются в нормальное состояние, отключая двигатель. При срабатывании теплового

реле — «Р», размыкается нормально замкнутый контакт «Р», отключение происходит аналогично.

Следует отметить и недостатки тепловых реле. Иногда трудно подобрать реле из имеющихся в наличии так, чтобы ток теплового элемента соответствовал току электродвигателя. Кроме того, сами реле требуют защиты от короткого замыкания, поэтому в схемах должны быть предусмотрены предохранители или автоматы. Тепловые реле не способны защитить двигатель от режима холостого хода или недогрузки двигателя, причем иногда даже при обрыве одной из фаз. Поскольку тепловые процессы, происходящие в биметалле, носят достаточно инерционный характер, реле плохо защищает от перегрузок, связанных с быстропеременной нагрузкой на валу электродвигателя.

Если нагрев обмоток обусловлен неисправностью вентилятора (погнуты лопасти или проскальзывание на валу), загрязнением оребренной поверхности двигателя, тепловое реле тоже окажется бессильным, т. к. потребляемый ток не возрастает или возрастает незначительно. В таких случаях, только встроенная тепловая защита способна обнаружить опасное повышение температуры и вовремя отключить двигатель.

1. 6 Лекция № 6 (2 часа).

Тема: «Защита электродвигателей насосов от асимметрии тока»

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Защита электродвигателей от асимметрии тока.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Защита электродвигателей от асимметрии тока.

Как известно, при минимальной асимметрии тока достигается максимальный КПД электродвигателя и наиболее длительный срок его службы. Вот почему важна равномерная нагрузка всех фаз.

В теории, одинаковое номинальное напряжение должно подаваться на все три фазы. Как правило, вблизи низковольтных трансформаторов так и происходит. Однако следует учитывать, что для предотвращения повышения или понижения напряжения на отдельных фазах при полной нагрузке сети все однофазные агрегаты должны быть равномерно распределены по трем фазам. Это должно быть сделано, поскольку такие устройства часто работают в режиме частых циклов включения/выключения и могут стать причиной асимметрии («перекоса») фаз.

Перекас фаз может быть вызван также асимметрией тока в линиях электропередач, а также изношенными либо окисленными контакторами. На случай возможной асимметрии в цепи нужно до включения электродвигателя в сеть проконсультироваться с представителями энергоснабжающего предприятия.

Асимметрия тока не должна превышать 5%, а при использовании пульта СУ 3 — 10

Максимальное значение служит в качестве выражения асимметрии тока. Ток следует измерять на всех трех фазах (рис. 32). Наилучшим способом подключения является тот, при котором получают минимальную асимметрию.

Для сохранения неизменного направления вращения вала при изменении способа подключения фазы нужно менять.

Небольшая асимметрия напряжения приводит к большой асимметрии тока, что в свою очередь вызывает неравномерный нагрев обмоток статора и приводит к возникновению горячих зон и точечного нагрева.

Универсальный блок защиты асинхронных электродвигателей УБЗ-302.

УБЗ-302 предназначен для постоянного контроля параметров сетевого напряжения, действующих значений фазных/линейных токов трехфазного электрооборудования 380В 50 Гц и проверки значения сопротивления изоляции электродвигателей.

УБЗ-302 обеспечивает защиту асинхронных электродвигателей, мощностью от 2,5 кВт до 30 кВт при использовании встроенных токовых трансформаторов и до 315 кВт при использовании внешних токовых трансформаторов, в том числе и в сетях с изолированной нейтралью.

УБЗ-302 обеспечивает защиту электродвигателей при:

1. некачественном сетевом напряжении (недопустимые скачки напряжения, обрыв фаз, нарушение чередования и слипания фаз, перекос фазных/линейных напряжений);
2. механических перегрузках (симметричный перегруз по фазным/линейным токам);
3. защита по превышению порога тока обратной последовательности: несимметрии фазных токов без перегруза, связанных с нарушением изоляции внутри двигателя и/или подводящего кабеля (сравнение коэффициента несимметрии тока по обратной последовательности с коэффициентом несимметрии напряжения по обратной последовательности);
4. исчезновении момента на валу электродвигателя («сухой ход» - для насосов) - защита по минимальному пусковому и/или рабочему току;
5. затянутому пуску двигателя или блокировке ротора;
6. недопустимо низком уровне изоляции статора с корпусом двигателя (проверка перед включением);
7. замыкании на «землю» обмотки статора во время работы - защита по токам Утечки на «землю»;
8. тепловой перегрузке двигателя;

9. перегреве обмоток (определяется температура обмоток или при использовании встроенных в двигатель температурных датчиков или температура корпуса при использовании внешних температурных датчиков). По каждому типу защиты возможно запрещение и разрешение автоматического повторного включения (далее по тексту АПВ) нагрузки. Блок обеспечивает защиту электрооборудования путем управления катушкой магнитного пускателя (контактора)

Связь: управление и передачу параметров по интерфейсу RS-485 в соответствии с протоколом MODBUS, - управление и передачу параметров от компьютера по интерфейсу RS-232; управление и передачу параметров по ИК-каналу.

В отличие от УБЗ-301М, новый УБЗ-302 обладает рядом преимуществ:

1. Широкие возможности в настройках прибора. Возможность запрещать или разрешать работу по каждому типу защиты, так же запрещать или разрешать автоматическое повторное включения (АПВ) нагрузки. Для упрощения работы обслуживающего персонала с УБЗ-302, возможен выбор режима РМКУП (режим минимального количества установочных параметров). Наличие журнал аварийных состояний: УБЗ записывает в свою память код аварии, значение параметра, по которому произошла авария и время ее возникновения. УБЗ учитывает полное время работы устройства, и время наработки двигателя, сутки. Возможна установка кода доступа пользователя и кода доступа наладчика. Функциональное реле, может использоваться как: реле сигнализации; реле аварии; реле времени; реле переключения обмоток двигателя из звезды в треугольник. Возможно управление и программирование УБЗ-302 от компьютера (ПК). УБЗ отображает полную, активную и реактивную мощность, потребляемую нагрузкой.

2. Информативность. УБЗ-302 поставляется с ПО, возможно применение в SCADA-системах, диспетчеризации, системах АСУ ТП, управление и передача параметров по интерфейсу RS-485 или RS-232 в соответствии с протоколом MODBUS. Программа позволяет сохранять (загружать) различные настройки УБЗ, вести сбор данных

и сохранять их для дальнейших исследований. Сохраненные данные можно просматривать на графике, сопоставляя параметры друг с другом. Графический интерфейс ПУ позволяет в реальном времени наблюдать текущее состояние различных параметров УБЗ.

3. Полный контроль над физическими процессами работы электродвигателя.

Универсальный блок защиты (двухскоростных) асинхронных электродвигателей УБЗ-302-01. (Лифтовой)

УБЗ-302-01 предназначен для защиты двухскоростных (двухобмоточных) двигателей лифтов, постоянного контроля параметров сетевого напряжения, действующих значений фазных/линейных токов и проверки значения сопротивления изоляции электродвигателей.

УБЗ-302-01 обеспечивает защиту асинхронных двухскоростных (двухобмоточных) электродвигателей, номинальным током от 5 до 50А при использовании встроенных токовых трансформаторов. Есть возможность использования внешних токовых трансформаторов выпускаемых нашей фирмой, УБЗ с внешними трансформаторами поставляются по согласованию с заказчиком.

УБЗ-302-01 обеспечивает защиту электродвигателей при: -некачественном сетевом напряжении (недопустимые скачки напряжения, обрыв и перекос фаз, нарушение чередования и слипание фаз); -механических перегрузках (симметричный перегруз по фазным/линейным токам); -превышении порога тока обратной последовательности (перекос тока); -затянута пуске двигателя или блокировке ротора; недопустимо низком уровне изоляции между статором и корпусом двигателя (проверка перед включением); -замыкании на «землю» обмотки статора во время работы - защита по токам утечки на «землю»;

-тепловой перегрузке двигателя;
По каждому типу защиты возможно запрещение и разрешение автоматического повторного включения (далее по тексту АПВ) нагрузки. Блок обеспечивает защиту электрооборудования путем управления катушкой магнитного пускателя (контактора). Блок определяет наличие токов двигателя при отключенном реле нагрузки. В этом случае блок индицирует аварию внешнего контактора, включающего двигатель, до тех пор, пока блок не будет выключен.

Универсальный блок защиты УБЗ-302 единственное на сегодняшний день недорогое устройство, осуществляющее полноценную защиту асинхронных электродвигателей.

УБЗ-302 исключает большинство причин, ведущих к возникновению аварийных режимов, позволяет оптимизировать работу электродвигателя, улучшает динамику работы электропривода. Это даст возможность снизить износ механических звеньев, продлит срок службы обмоток статора и в целом АД, уменьшит энергопотребление и потребление реактивной мощности.

1. 7 Лекция № 7 (2 часа).

Тема: «Предпусковой контроль сопротивления изоляции и наличия обрывов цепей обмоток электродвигателя»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Предпусковой контроль сопротивления изоляции
2. Контроль наличия обрывов цепей обмоток электродвигателя

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

1. Предпусковой контроль сопротивления изоляции

Сопротивления изоляции распределены по сети. Обычно оперируют значениями эквивалентных величин. Вследствие этого линии связи между токоведущими частями и корпусом, показанные в упомянутой статье на схемах замещения (рис. 2), и соответствующие им подключения элементов к фазам (полюсам) сети и земле в природе отсутствуют. Поэтому измерить значение сопротивления изоляции непосредственным подключением какого-либо прибора к схемным линиям связи не представляется возможным. По этой причине обычно используют косвенные методы измерений - активные (с применением вспомогательного источника напряжения) или пассивные (с использованием рабочего напряжения сети в качестве оперативного напряжения). В сетях с заземленной нейтралью выполняют периодический контроль при снятом рабочем напряжении, а в сетях, изолированных от земли, согласно п. 1.6.12 Правил устройства электроустановок - автоматический контроль под рабочим напряжением. Представление о значении сопротивления изоляции дает лишь сила тока в измерительной цепи в установившемся режиме, так как в первые моменты после приложения измерительного напряжения, а также при каждом изменении структуры и состава сети (например, при подключении новых электроприемников) в измерительной цепи протекают токи переходных режимов, обусловленные перезарядом емкости полюсов сети относительно корпуса или зарядом емкости подключаемого участка сети. Кроме того, на результат измерений оказывает влияние рабочее напряжение электроустановки. Правильный результат может быть получен лишь при соответствии принятого метода измерений параметрам контролируемой сети. Без соблюдения этого условия в одной и той же сети при измерении различными средствами могут быть получены данные, противоречащие друг другу. Измерения при снятом рабочем напряжении. При снятом рабочем напряжении применяют метод наложения постоянного напряжения. Измерительный прибор - переносной либо щитовой мегаомметр И- содержит источник постоянного напряжения E и миллиамперметр A (рис. 1).

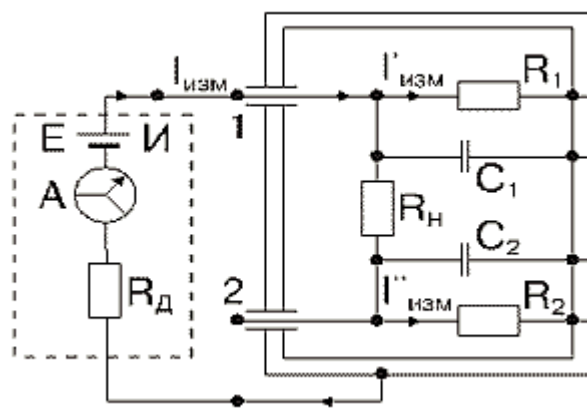


Рис. 1. Измерение при снятом рабочем напряжении

Один полюс прибора (обычно положительный) подключается к токоведущей части (например, к клемме 1), а второй полюс - к корпусу проверяемого электротехнического изделия. В установившемся режиме после заряда емкостей C_1 и C_2 относительно корпуса ток $I_{изм}$, протекающий под действием источника E , на полюсе 1 разветвляется: его часть $I'_{изм}$ протекает через эквивалентное сопротивление изоляции R_1 полюса 1, а

другая часть $I''_{изм}$ - через сопротивление нагрузки R_H и эквивалентное сопротивление изоляции R_2 полюса 2. Далее ток протекает по корпусу и суммируется в цепи миллиамперметра A .

Силу тока $I_{изм}$ определяет выражение:

$$I_{изм} = E / (R_{вн} + R) \quad (1)$$

где $R_{вн}$ - внутреннее сопротивление мегаомметра (миллиамперметра, источника измерительного напряжения и добавочного сопротивления R_d), R - эквивалентное сопротивление изоляции. Строго говоря, в последнем следовало бы учесть сопротивление

R_n , но обычно $R_n \ll R_2$ поэтому его влиянием допустимо пренебрегать (в тех случаях, когда внутреннее сопротивление контролируемого изделия соизмеримо с величиной сопротивления изоляции, такое допущение может приводить к ошибочным результатам, завышенным против фактических).

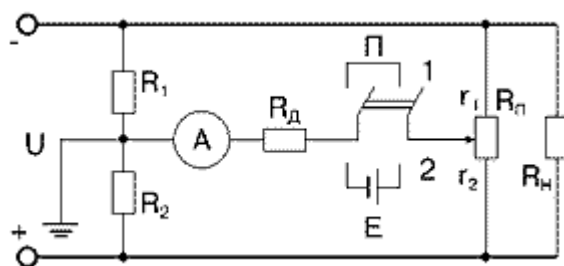
При $R_{вн} = \text{const}$ и $E = \text{const}$ сила тока в измерительной цепи зависит только от величины R , поэтому миллиамперметр градуируют непосредственно в единицах сопротивления. На практике обычно применяют переносные мегаомметры с питанием от сети переменного тока (типа М127) или с автономным источником (типа М4100). В качестве последнего используют индукторный генератор с ручным приводом (скорость вращения рукоятки около 2 об/с). Чтобы уменьшить погрешность измерений из-за непостоянства скорости вращения рукоятки, в таких мегаомметрах в качестве измерительного прибора используют не миллиамперметр, а логометр, одна рамка которого подключена непосредственно к источнику напряжения, а вторая, жестко связанная с ней, включена в измерительную цепь.

Для повышения достоверности измерений измерительное напряжение выбирают близким к рабочему напряжению контролируемой цепи. Для электрооборудования напряжением от 100 В до 400 В применяют мегаомметры напряжением 500 В. Безопасность измерений при этом достигается за счет ограничения силы тока в измерительной цепи до величины 1 мА добавочным сопротивлением $R_d = 0,5 \text{ МОм}$.

Измерения в сетях постоянного тока Норвежская фирма Autronica создала автоматизированную систему контроля сопротивления изоляции System AJ-1 с генератором оперативного напряжения частотой 5 Гц. Фирма MerlinGerin (Франция) выпускает приборы VigilohmSystem XM-200 с оперативным источником частотой 2,5 Гц. В ряде случаев вместо источника напряжения не промышленной частоты используют вспомогательный источник постоянного напряжения переменной полярности. Так, фирма Bender (Германия), выпускает прибор IRDH 265-4.

Метод уравновешенного моста.

Рис.2. Измерение сопротивления изоляции сети постоянного тока методом уравновешенного моста.



На этом методе, как правило, основана работа отечественных щитовых мегаомметров в сетях постоянного тока. Схема измерений этим методом приведена на рис. 2, где использованы следующие обозначения: А - миллиамперметр; R_d - добавочное сопротивление; П - переключатель; Е - источник измерительного напряжения (до 150 В); R_n - потенциометр. Плечами моста являются сопротивления изоляции R_1 и R_2 и сопротивления r_1 и r_2 плеч потенциометра R_n . Измерительный прибор и ограничительное сопротивление R_d включены в диагональ моста.

Сила тока $I_{изм}$ в диагонали моста определяется выражением:

$$I_{изм} = \frac{E + U \frac{R_2 r_1 - R_1 r_2}{R_n (R_1 + R_2)}}{R + R_d + r_1 r_2 / R_n} \quad (2)$$

где R - эквивалентное сопротивление изоляции сети. Измерение производится в два этапа. На первом этапе переключатель П устанавливают в положение 1 и перемещением движка потенциометра балансируют мост - добиваются отсутствия тока в диагонали моста. На втором этапе переключатель устанавливают в положение 2, подключая в диагональ моста источник измерительного напряжения Е. После окончания процессов перезаряда емкостей снимают показание миллиамперметра. В

сбалансированном мосте составляющая тока, определяемая вторым слагаемым, отсутствует. Поэтому при $E = \text{const}$, $R_d = \text{const}$ и при условии $r_1 r_2 / R_{\text{п}} \ll R$ сила тока $I_{\text{изм}}$ однозначно определяется сопротивлением изоляции R (приборы типа М154, М1508, М1608, М1428, М1628).

Обычно при работе с сетями постоянного тока применяют методы измерений, основанные на использовании рабочего напряжения сети в качестве оперативного напряжения. Рассмотрим один из них. Метод трех отсчетов вольтметра. Этот метод заключается в последовательном измерении вольтметром с известным сопротивлением r трех напряжений: U – рабочего; U_1 – между положительным полюсом сети и землей; U_2 – между отрицательным полюсом и землей. Расчет искомой величины сопротивления изоляции сети производится по формуле

$$R = r \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1 + U_2}$$

2. Контроль наличия обрывов цепей обмоток электродвигателя

Местное нагревание вызывается несимметрией ротора вследствие наличия короткозамкнутых контуров в фазной обмотке или обрывов в цепи ротора.

Короткозамкнутый контур возникает при соприкосновении соседних хомутиков лобовых частей обмотки, при соединении слоев обмотки, при витковом замыкании. Если короткозамкнутый контур имеется только в одной фазной обмотке, то при разомкнутом реостате пусковой момент не возникает и при включении в сеть электродвигателя наблюдается повышенный уровень шума и вибраций, происходит нагревание короткозамкнутого контура. При наличии короткозамкнутых контуров в двух или трех фазных обмотках образуется вращающий момент, но уже при небольшой нагрузке электродвигателя скорость вращения ротора становится ниже номинальной.

Обрыв в одной фазной обмотке или в стержнях беличьей клетки также приводит к повышенному нагреванию исправной части обмотки.

Контакты между проводниками или между проводником и магнитопроводом ротора в местах короткого замыкания, вызванного повреждением изоляции, имеют повышенное сопротивление и поэтому нагреваются значительно сильнее остальных участков короткозамкнутого контура. Появление дыма может помочь обнаружить место повреждения изоляции. Повышенное сопротивление имеют также контакты схемы цепи ротора, выполненные недоброкачественно или поврежденные в процессе эксплуатации, и температура их значительно выше хороших контактов этой цепи.

Для защиты асинхронных электродвигателей используйте [устройство плавного пуска](#).

1. 8 Лекция № 8 (2 часа).

Тема: «Защита от понижения напряжения и асимметрии напряжения в электрической сети. Комбинированные устройства защиты»

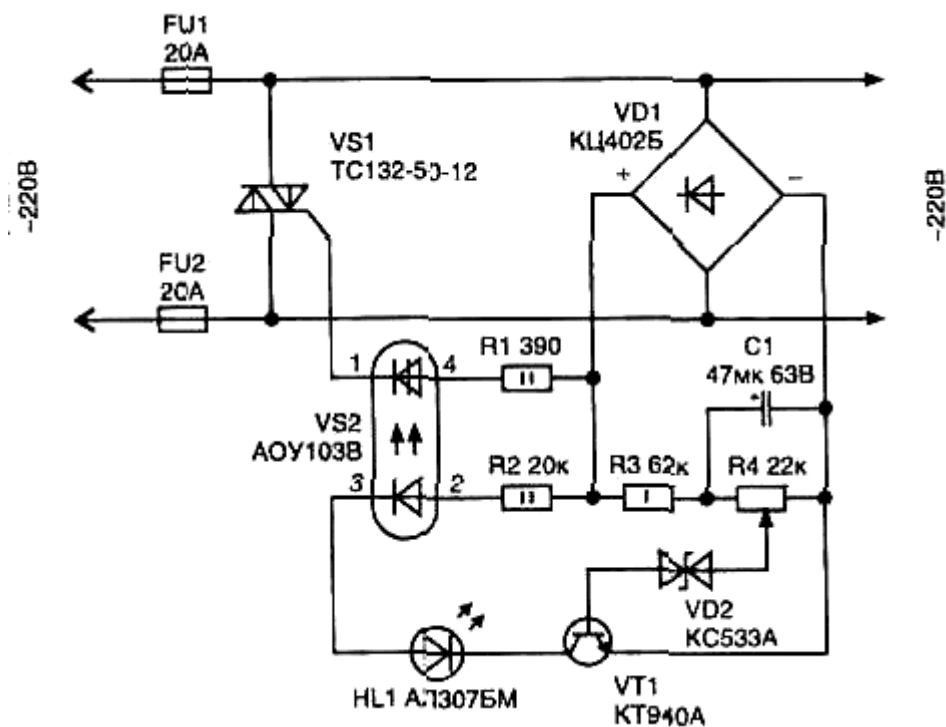
1.8.1 Вопросы лекции:

1. Защита от понижения напряжения и асимметрии напряжения в электрической сети.
2. Комбинированные устройства защиты

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Защита от понижения напряжения и асимметрии напряжения в электрической сети.

Данное устройство в качестве коммутатора использует симистор, порог открывания которого устанавливается с помощью резистора R4 на уровне 260V (действующее значение).



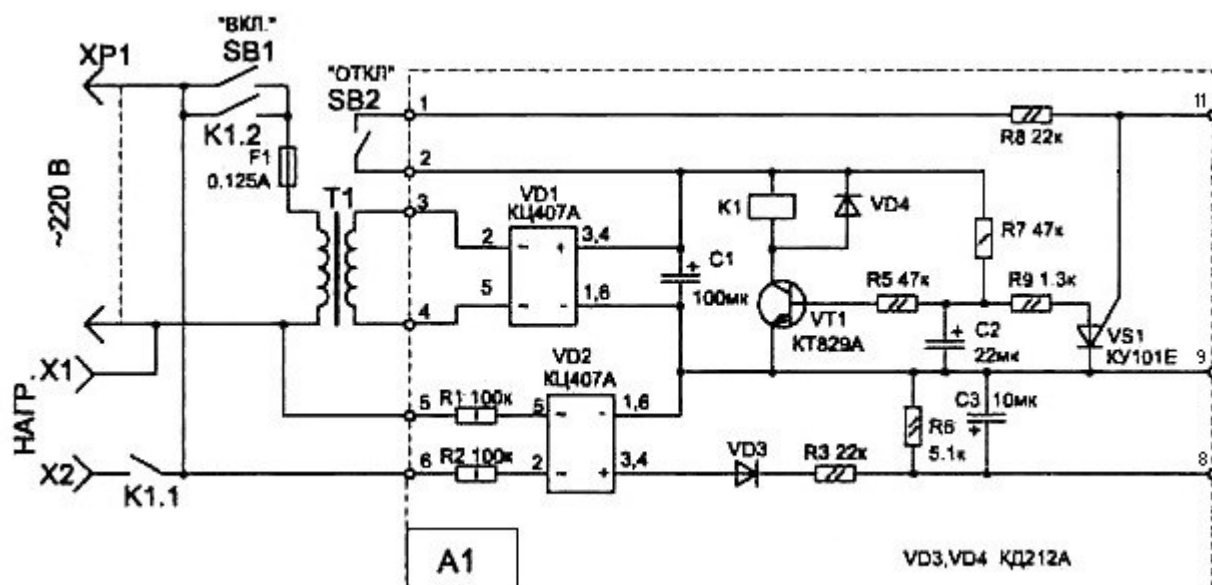
Конденсатор C1 устраняет срабатывание схемы от кратковременных помех (выбросов).

Устанавливать светодиод HL1 не обязательно, но при его наличии удобно настраивать устройство (когда управление симистором отключено).

Ток потребления в ждущем режиме не более 3 мА.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА.

Схема контролирует состояние сети и в случае несоответствия сетевого напряжения (170...260V) отключает нагрузку.



При нажатии на кнопку ВКЛ (SB1), реле K1 срабатывает с задержкой примерно в 1 секунду и контактами K1.2 блокирует кнопку. Время задержки включения реле зависит от номинала емкости C2 и резистора R7. Выключение реле K1 может производиться кнопкой ОТКЛ (SB2) или от схемы автоматики, когда на выходе появится импульс или лог. "1" (при выходе напряжения за допуск).

Реле K1 с рабочим напряжением 24В.

Если у трансформатора T1 имеется свободная обмотка на напряжение 6...12 В, то она может быть подключена к цепям 5 и 6 (вместо R1, R3 установить перемычки, а R4 и R10 исключить из схемы).

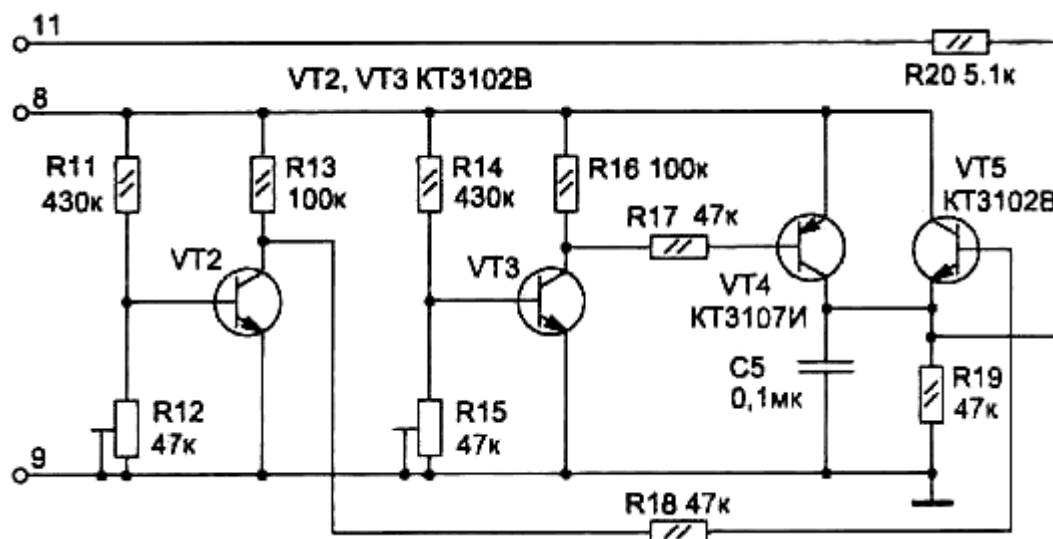


Схема контроля напряжения состоит из транзисторов, работающих в режиме микротоков. В нормальном состоянии резисторами R12 и R15 устанавливаем на коллекторах VT2 и VT3 лог. "0" и лог. "1" соответственно.

В этом случае транзисторы VT4 и VT5 заперты и на резисторе R19 нет напряжения (при его появлении работает VS1).

Меняя напряжение, устанавливаем порог срабатывания схемы: резистором R12 при напряжении ниже 170В, а R15 — при превышении 260В.

2. Комбинированные устройства защиты

Стремясь защитить двигатели от аварийных режимов, еще с середины прошлого века в энергетике стали применять различную релейную защиту: тепловую, токовую, температурную, фильтровую и комбинированную. Многолетний опыт эксплуатации АД показал, что большинство существующих защит не обеспечивают безаварийную работу АД. Так, например, тепловые реле рассчитывают на длительную перегрузку 25-30% от номинальной. Но, чаще всего, они срабатывают при обрыве одной фазы при нагрузке 60% от номинальной. При меньшей нагрузке реле не срабатывает и АД продолжает работать на двух фазах и выходит из строя в результате перегрева изоляции обмоток. Правильный выбор защитного устройства – это важный фактор в обеспечении безопасной эксплуатации АД.

Приборы защиты АД от аварийных режимов можно разделить на несколько видов:

- а) тепловые защитные устройства: тепловые реле, расцепители;
- а) токозависимые защитные устройства: плавкие предохранители, автоматы;
- в) термочувствительные защитные устройства: термисторы, термостаты;
- г) защита от аварий в электросети: реле напряжения и контроля фаз, мониторы сети;
- д) приборы МТЗ (максимальной токовой защиты), электронные токовые реле;
- е) комбинированные устройства защиты.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «Вводное занятие. Изучение универсального лабораторного и испытательного стендов»

2.1.1 Цель работы: Ознакомиться с правилами проведения лабораторных работ, изучить устройство универсального лабораторного стенда, ознакомиться с приборами и оборудованием, используемым в цикле лабораторных работ по электрическим машинам.

2.1.2 Задачи работы:

1. Записать основные технические характеристики используемого в лабораторных работах оборудования.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Вольтметр-150В
2. Амперметр-25А
3. Ваттметр-1кВт
4. Трансформатор тока: И54/1; $I = 0,5 \dots 50\text{А}$; $I - 5\text{А}$; $U - 66\text{ В}$
5. Автотрансформатор: РНО $U = 0 - 240\text{В}$
6. Трансформатор: $I_{2\text{н}} = 10\text{А}$; $U_{2\text{н}} = 24\text{В}$

7. Переключатель: на две цепи трёхпозиционный, 5 А
8. Переключатель: одноцепной трёхпозиционный, 10 А
9. Переключатель: на две цепи трёхпозиционный, 5 А
10. Диод: Д 112-25
11. Таходатчик : на машинах П892
12. Тахоуказатель : на машинах П892 (показания умножать на 0,967)
13. Машина постоянного тока: 75В;0,5кВт; 2800об/мин; 8,71/13А
14. Приводной электродвигатель: 3-х фазный асинхронный; 220/380В
15. Электрическая машина П-22; Р-1кВт; пуск длительный; 220В; 5,9/ 6,8А; возбуждение смешанное; к. п .д. 76,5%; 1500 об/мин; класс изоляции 1;т-43,8 кг;
16. Синхронная машина с заторможенным ротором:3 50 Гц; Рн-2кВт; $U_{1\phi}=220В$; $U_{2\phi}=127В$; 10,5/6,1А
17. Шунт измерительный: 7,5А; 75mV
18. Шунт измерительный: 0,3А; 75mV

2.1.4 Описание (ход) работы:

Краткие теоретические положения

Универсальный лабораторный стенд размещён на фронтальной стене аудитории №208 и представляет собой каркас с расположенными на нём панелями приборов и оборудования, набор которых достаточен для выполнения любой из лабораторных работ цикла. Выводы приборов и оборудования осуществлены на клеммы пронумерованных панелей, с помощью которых через соединительные провода с наконечниками приборы соединяются в схемы. Для соединения приборов, находящихся на противоположных сторонах стенда, служат переходные клеммы, расположенные на двух нижних рейках стенда, имеющие номера от 1 до 18 с каждой стороны стенда. Клеммы, имеющие одинаковый номер, соединены между собой проводом-удлинителем.

На стенде с правой стороны имеется панель питания ПП1, на которой расположены 4 автоматических выключателя QF, с помощью которых на стенд подаётся трёхфазное напряжение соответственно 127/220 вольт (QF...-ПП1а) и 220/380 вольт (QF...-ПП1с) и однофазное переменное и постоянного напряжения соответственно 127 вольт (QF...-ПП1b) и 220 вольт (QF...-ПП1d). Сигнальные лампы, расположенные между выключателями, указывают на подачу напряжения до автоматических выключателей, а лампы, расположенные у клемм – на наличие напряжения непосредственно на клеммах. С левой стороны имеется панель питания ПП2, на которой расположены 2 автоматических выключателя QF, для подачи трёхфазного напряжения 21/36 вольт (QF...-ПП2а) и для подачи выпрямленного напряжения ± 25 вольт (QF...-ПП2b).

Порядок выполнения задания

1. Записываем технические данные оборудования

Заготовить таблицу на доске и в тетрадах, распределить задания и записать основные технические характеристики используемого оборудования

Поз.обоз н.	Наименование и основные технические характеристики	К- во	Примечан ие
Автоматические выключатели			

QF	АП50: 3 МТУЗ ~500В, 50,60 Гц., 25А Уставка 10 In	1	ПП1
QF		1	ПП2
QF		1	ПП3
QF		1	ПП4
QF		1	ПП5
QF		1	ПП6
Электрические машины			
М	Машина постоянного тока: 75В; 0,5кВт; 2800об/мин; 8,71/13А	1	П891б
М	Приводной электродвигатель: 3-х фазный асинхронный; 220/380В	1	П891а
М	Электрическая машина П-22; Р-1кВт; пуск длительный; 220В; 5,9/ 6,8А; возбуждение смешанное; к. п .д. 76,5%; 1500 об/мин; класс изоляции 1;m-43,8 кг; Ря- 7,6 Ом	1	П892а
М		1	П892б
М	асинхронная машина с заторможенным ротором:3 50 Гц; Рн-2кВт; U _{1ф} =220В; U _{2ф} =127В; 10,5/6,1А	1	П858
Вольтметры			
PV	Вольтметр-150В	1	П15б
PV	Вольтметр-250В	1	П805
PV	Вольтметр-300В	1	П809
PV	Вольтметр-15В х5	1	П810
PV	Вольтметр-250В	1	П814
PV	Вольтметр-25,0х1,72В	1	П815
Амперметры			
РА	Амперметр-25А	1	П11а
РА	Амперметр-20А	1	П15а
РА	Амперметр:РА-10А	1	П805
РА	Амперметр-1А	1	П807
РА	Амперметр-10А	1	П809
РА	Амперметр-750А	1	П811

PA	Амперметр-750А	1	П813
PA	Амперметр: 5А	1	П814
PA	Амперметр: 10 А	1	П815
Приборы разные			
PW	Ваттметр-1кВт	1	П8126
PW	Ваттметр - 2кВт	2	П9
	Измерительный комплект К50	1	Стол
Hz	Частотометр $f = 45-55$ Гц	1	8046
Сопротивления			
RS	Шунт измерительный: 7,5А; 75mV	1	П811
RS	Шунт измерительный: 0,3А; 75mV	1	П813
R-R	15 Ом, 5 А	2	П870
R	200 Ом, 1А	1	П872
R-R	100 Ом, 2А	2	П873
R-R	20,7 Ом	3	П875
R	Реостат:	1	Стол
Трансформаторы			
TA	Трансформатор тока: И54/1; $I = 0,5 \dots 50$ А; I_{-5} А; U-66 В	1	П817
TV	Автотрансформатор: РНО U=0-240В	1	П856
TV	Трансформатор: $I_{2H}=10$ А; $U_{2H}=24$ В	1	П857
Аппараты коммутации			
Q	Переключатель: на две цепи трёхпозиционный, 5 А	1	П21
Q	Переключатель: одноцепной трёхпозиционный, 10 А	1	П
Q	Переключатель: на две цепи трёхпозиционный, 5 А	1	П820
Элементы разные			
VD1...V D4	Диод: Д 112-25	4	П860
	Таходатчик : на машинах П892	1	П892
	Тахоуказатель : на машинах П892 (показания умножать на 0,967)	1	П892

Подготовить ответы на вопросы, сдать на проверку преподавателю отчёт и ответить на один из вопросов по выбору преподавателя

2. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ

Используемое на лабораторном стенде напряжение опасно для жизни и может привести к смертельному исходу. В связи с этим при выполнении лабораторных работ необходимо выполнять следующие меры предосторожности:

- Перед началом работы убедитесь, что все автоматические выключатели отключены;
- Включение экспериментальной схемы осуществлять после проверки и по разрешению преподавателя в строго регламентированной в инструкции последовательности;
- При работе со схемой не прикасаться к токоведущим частям оборудования, проводам и клеммам;
- Изменение режимов работы оборудования и его отключение осуществлять в соответствии с приведённой в методическом указании инструкцией;

- Перед разборкой схемы, убедитесь, что все вводные автоматические выключатели обесточены;
- По окончании работы схему разобрать полностью, провода убрать на место хранения.

3. Правила сборки электрических схем

Преподаватель распределяет узлы собираемой схемы по исполнителям.

Получив задание на сборку определённого узла схемы, очередной студент выполняет следующие действия:

А) Каждую клемму, входящую в узел, последовательно:

- показывает указкой на плакате;
- называет выводом какого элемента и какого аппарата она является;
- находит и показывает всем студентам эту клемму на стенде.

Б) После того как все клеммы, входящие в узел, будут перечислены, указка откладывается в сторону, берутся соединительные провода и производится сборка в следующем порядке:

- Выбирается самая левая клемма на стенде из показанных и присоединяется к ней наконечник провода, длина которого достаточна для присоединения к ближайшей клемме, расположенной правее;
- К этой клемме добавляется наконечник следующего провода, длина которого достаточна для присоединения к клемме расположенной правее;
- Действия повторяются пока не будут соединены все клеммы, входящие в узел.

Примечание. При недостаточной длине проводов можно соединить два провода последовательно с помощью свободных клемм на аппаратах, не связанных с собираемой цепью электрически. При переходе на правую часть стенда воспользоваться переходными клеммами стенда. Клеммы следует закручивать плотно, но не чрезмерно.

Контрольные вопросы:

1. Какие напряжения питания имеются на фронтальном стенде?
2. Как подключить однофазную нагрузку на напряжение 220 В?
3. Что называется узлом электрической схемы?
4. Почему узел схемы называется равнопотенциальным?
5. Как перейти с правой части стенда на левую и наоборот?
6. Как подключить нагрузку на переменное напряжение 36В?
7. Как определить цену деления прибора?
8. Как по отклонению стрелки прибора и известной цене деления определить измеряемую величину?
9. Что означает класс точности прибора?
10. Перечислите виды измерительных систем приборов?
11. Как определить цену деления ваттметра?
12. Как измерить линейное напряжение?
13. Как измерить фазное напряжение?
14. Какими значками на шкале прибора обозначается рабочее положение шкалы?
15. В каком порядке собирается узел электрической схемы?
16. Как расширяется предел измерения амперметра на постоянном и переменном токе?
17. Как расширяется предел измерения вольтметра в низковольтных и высоковольтных цепях?
18. Как включаются амперметр и вольтметр для измерения соответственно тока и напряжения?

2.2 Лабораторная работа №2,3(4 часа).

Тема: «Исследование схем регулирования уровней воды в водонапорной башне и скважине»

2.2.1 Цель работы: Исследование систем и способов регулирования уровня воды в водонапорной башне и скважине.

2.2.2 Задачи работы:

1. Изучить конструкцию и принцип действия датчиков: контактных, индуктивных, температурного контроля и контроля скорости;
2. Произвести сборку схем и испытание датчиков.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Приборы и элементы для лабораторной работы:

- 1 Лабораторные автотрансформаторы ЛАТР.
- 2 Амперметр переменного тока на 1 А.
- 3 Вольтметры переменного тока на 5, 30 и 150 В.
- 4 Омметр М 57.
- 5 Термометры манометрические
- 6 Милливольтметр.
- 7 Тахометр.
- 8 Соединительные провода.

2.2.4 Описание (ход) работы:

Электродный датчик уровня

Электродный датчик уровня используется для контроля уровня электропроводных жидкостей. Он имеет короткий 1 электрод и два длинных 2, 3, которые укреплены в коробке зажимов. Короткий электрод является контактом верхнего уровня жидкости, а длинный — нижнего уровня. Датчик соединяется проводами со станцией управления двигателем насоса. Когда вода касается короткого электрода, это приводит к отключению пускателя насоса. Снижение уровня воды, когда он становится ниже длинного электрода, дает команду на включение насоса.

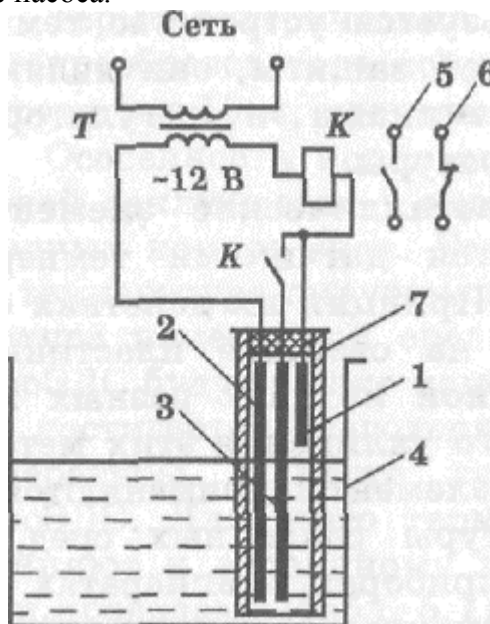


Рисунок 2.1 Электродный датчик уровня

Электроды датчика включены в цепь катушки промежуточного реле К, которое включается во вторичную обмотку понижающего трансформатора напряжением 12 В. При повышении уровня жидкости в резервуаре до уровня короткого электрода 1, образуется электрическая цепь: вторичная обмотка трансформатора — катушка реле К - электрод 1 - жидкость - электрод 2. Реле срабатывает и становится на самопитание через свой контакт К и электрод 3, при этом контакты 6 реле дают команду на отключение электродвигателя насоса. При снижении уровня жидкости, когда он становится ниже уровня электрода 3, реле отключается и включает электродвигатель насоса.

Поплавковый датчик уровня

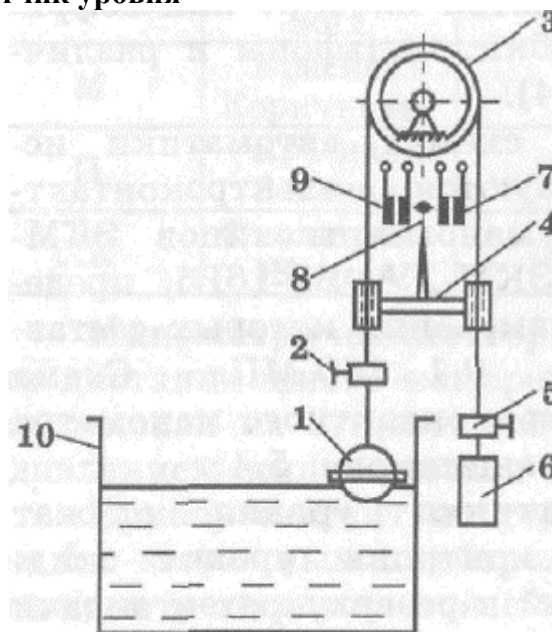


Рисунок 2.2 Поплавковый датчик (реле) уровня

Поплавковый датчик (реле) уровня применяется в отапливаемых помещениях для контроля уровня неагрессивных жидкостей. На рисунке показано схематическое устройство реле. В резервуар 10 погружается поплавок 1, подвешенный на гибком контакте через блок 3 и уравновешенный грузом 6. На контакте закреплены упоры 2 и 5, которые при предельных уровнях жидкости в резервуаре поворачивают коромысло 4 контактного устройства 8. При поворотах коромысло замыкает соответственно контакты 7 или 9, включающие или отключающие электродвигатель насоса.

Мембранные датчики уровня

Для определения уровня сыпучих материалов в бункерах используются мембранные датчики уровня, которые крепятся в отверстиях стенки бункера. В них мембрана воздействует на контакты, замыкая или размыкая цепь управления загрузочными или разгрузочными устройствами.

3. Автоматизация насосных установок

Автоматизация насосных установок позволяет повышать надежность и бесперебойность водоснабжения, уменьшать затраты труда и эксплуатационные расходы, размеры регулирующих резервуаров.



Для автоматизации насосных установок кроме аппаратуры общего применения ([контакторов](#), магнитных пускателей, переключателей, промежуточных реле) применяются специальные аппараты управления и контроля, например, [реле контроля уровня](#), реле контроля заливки центробежных насосов, струйные реле, поплавковое реле, электродные реле уровня, различные манометры, датчики емкостного типа и др.

Автоматизация насосов и насосных станций, как правило, сводится к управлению погружным электронасосом по уровню воды в баке или давлению в напорном трубопроводе.

Рассмотрим примеры автоматизации насосных установок.

На рис. 2.3а показана **схема автоматизации простейшей насосной установки** — дренажного насоса 1, а на рис. 2.3б приведена электрическая схема этой установки. Автоматизация насосной установки осуществляется с помощью поплавкового реле уровня. Ключ управления КУ имеет два положения: для ручного и автоматического управления.

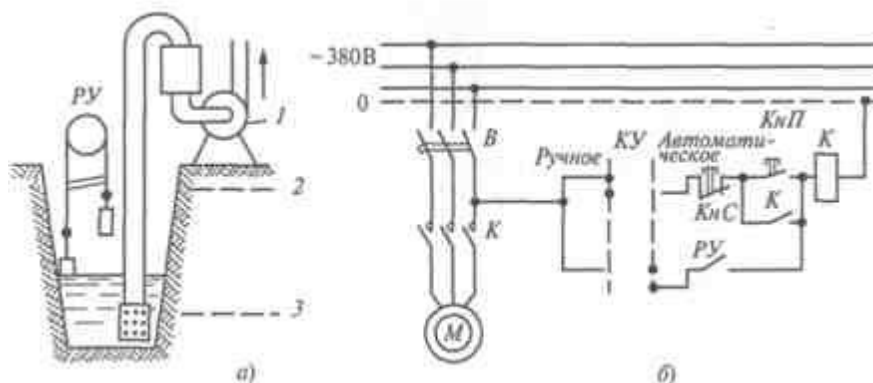


Рис. 2.3. Конструкция дренажной насосной установки (а) и ее электрическая схема автоматизации (б)

На рис. 2.4 приведена **схема автоматизации управления погружным насосом по уровню воды в баке водонапорной башни, реализованная на релейно-контактных элементах**.

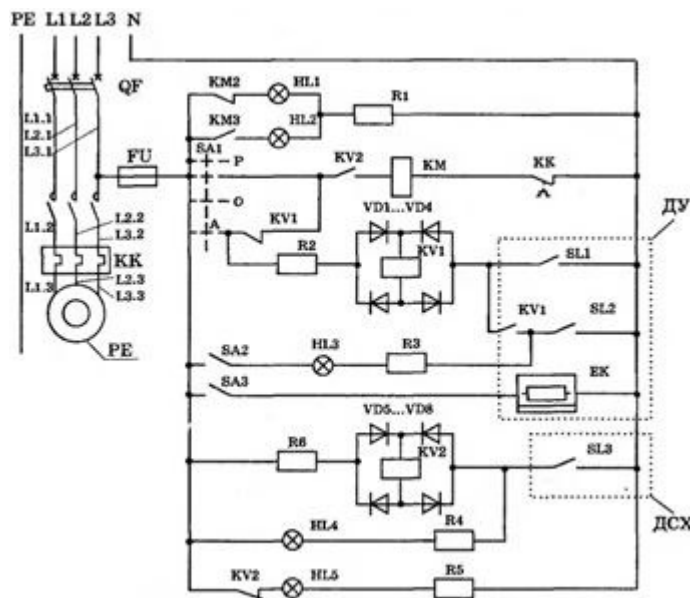


Рисунок 2.4. Принципиальная электрическая схема автоматизации погружным насосом по уровню воды в баке- водонапорной башни

Режим работы схемы автоматизации насосом задается переключателем SA1. При установке его в положение «А» и включении автоматического выключателя QF подается напряжение на электрическую схему управления. Если уровень воды в напорном баке находится ниже электрода нижнего уровня датчика ДУ, то контакты SL1 и SL2 в схеме

разомкнуты, реле KV1 обесточено и его контакты в цепи катушки магнитного пускателя КМ замкнуты. В этом случае магнитный пускатель включит электродвигатель насоса, одновременно погаснет сигнальная лампа HL1 и загорится лампа HL2. Насос будет подавать воду в напорный бак.

Когда вода заполнит пространство между электродом нижнего уровня SL2 и корпусом датчика, подключенным к нулевому проводу, цепь SL2 замкнется, но реле KV1 не включится, так как его контакты, включенные последовательно с SL2, разомкнуты.

Когда вода достигнет электрода верхнего уровня, цепь SL1 замкнется, реле KV1 включится и, разомкнув свои контакты в цепи катушки магнитного пускателя КМ, отключит последний, а замкнув замыкающие контакты, станет на самопитание через цепь датчика SL2. Электродвигатель насоса отключится, погаснет сигнальная лампа HL2 и загорится лампа HL1. Повторное включение электродвигателя насоса произойдет при понижении уровня воды до положения, когда разомкнется цепь SL2 и реле KV1 будет отключено.

Включение насоса в любом режиме возможно только в том случае, если замкнута цепь датчика «сухого хода» ДСХ (SL3), контролирующего уровень воды в скважине.

Основным недостатком управления по уровню является подверженность обмерзанию электродов датчиков уровня в зимнее время, из-за чего насос не выключается и происходит переливание воды из бака. Бывают случаи разрушения водонапорных башен из-за намерзания большой массы льда на их поверхности.

При управлении работой насоса по давлению электроконтактный манометр или реле давления можно смонтировать на напорном трубопроводе в помещении насосной. Это облегчает обслуживание датчиков и исключает воздействие низких температур.

На рис. 2.5. приведена принципиальная электрическая схема управления башенной водоснабжающей (насосной) установкой по сигналам электроконтактного манометра (по давлению).

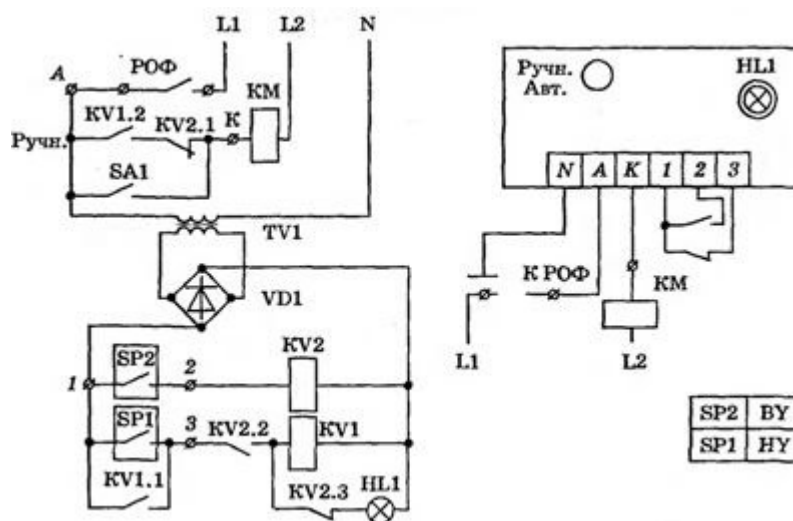


Рисунок 2.5. Принципиальная электрическая схема управления башенной водоснабжающей установкой от электроконтактного манометра

При отсутствии воды в баке контакт манометра SP1 (нижний уровень) замкнут, а контакт SP2 (верхний уровень) разомкнут. Реле KV1 срабатывает, замыкая контакты KV1.1 и KV1.2, в результате чего включается магнитный пускатель КМ, который подключает электронасос к трехфазной сети (на схеме силовые цепи не показаны).

Насос подает воду в бак, давление растет до замыкания контакта манометра SP2, настроенного на верхний уровень воды. После замыкания контакта SP2 срабатывает реле KV2, которое размыкает контакты KV2.2 в цепи катушки реле KV1 и KV2.1 в цепи катушки магнитного пускателя КМ; электродвигатель насоса отключается.

При расходе воды из бака давление снижается, SP2 размыкается, отключая KV2, но включение насоса не происходит, так как контакт манометра SP1 разомкнут и катушка

реле KV1 обесточена. Таким образом, включение насоса происходит, когда уровень воды в баке снизится до замыкания контакта манометра SP1.

Питание цепей управления производится через понижающий трансформатор напряжением 12 В, что повышает безопасность обслуживания схемы управления и электроконтактного манометра.

Для обеспечения работы насоса при неисправности электроконтактного манометра или схемы управления предназначен тумблер SA1. При его включении шунтируются управляющие контакты KV1.2, KV2.1 и катушка магнитного пускателя КМ непосредственно подключается к сети напряжением 380 В.

В разрыв фазы L1 в цепь управления включен контакт РОФ (реле обрыва фазы), который размыкается при неполнофазном или несимметричном режиме питающей сети. В этом случае цепь катушки КМ разрывается и насос автоматически отключается до устранения повреждения.

Защита силовых цепей в данной схеме от перегрузок и коротких замыканий осуществляется автоматическим выключателем.

На рис. 2.6 приведена **схема автоматизации водонасосной установки, которая содержит электронасосный агрегат 7 погружного типа**, размещенный в скважине 6. В напорном трубопроводе установлены обратный клапан 5 и расходомер 4. Насосная установка имеет напорный бак 1 (водонапорная башня или воздушно-водяной котел) и датчики давления (или уровня) 2, 3, причем датчик 2 реагирует на верхнее давление (уровень) в баке, а датчик 3 — на нижнее давление (уровень) в баке. Управление насосной станцией обеспечивает блок управления 8.

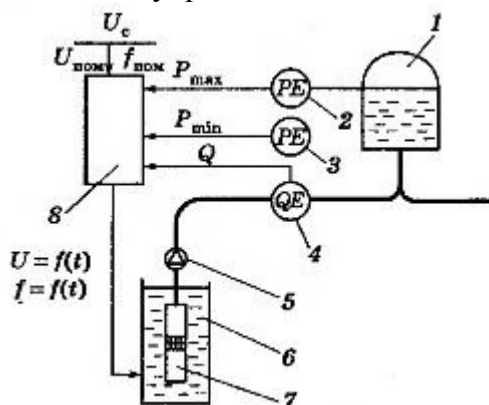


Рисунок 2.6. Схема автоматизации водонасосной установки с частотно-регулируемым электроприводом

Управление насосной установкой происходит следующим образом. Предположим, что насосный агрегат отключен, а давление в напорном баке уменьшается и становится ниже P_{\min} . В этом случае от датчика поступает сигнал на включение электронасосного агрегата. Происходит его запуск путем плавного увеличения частоты f тока, питающего электродвигатель насосного агрегата.

Когда частота вращения насосного агрегата достигнет заданного значения, насос выйдет на рабочий режим. Программированием режима работы [частотного преобразователя](#) можно обеспечить нужную интенсивность разбега насоса, его плавный пуск и останов.

Применение регулируемого электропривода погружного насоса позволяет реализовать прямоточные системы водоснабжения с автоматическим поддержанием давления в водопроводной сети.

Станция управления, обеспечивающая плавный пуск и останов электронасоса, автоматическое поддержание давления в трубопроводе, содержит преобразователь частоты A1, датчик давления BP1, электронное реле A2, схему управления и вспомогательные элементы, повышающие надежность работы электронного оборудования (рис. 2.7.).

После срабатывания реле КЗ замыкаются его контакты КЗ.1 и КЗ.2, в результате чего срабатывает реле защиты К2, обеспечивая отключение электродвигателя насоса. Реле КЗ при этом становится на самопитание через контакт КЗ.1.

При всех аварийных режимах загорается лампа HL1; лампа HL2 загорается при недопустимом снижении уровня воды (при «сухом ходе» насоса). Подогрев шкафа управления в холодное время года осуществляется с помощью электронагревателей ЕК1...ЕК4, которые включаются контактором КМ1 при срабатывании термореле ВК1. Защита входных цепей преобразователя частоты от коротких замыканий и перегрузок осуществляется автоматическим выключателем QF1.



Рисунок 2.8 Автоматизация насосной установки

2.3 Лабораторная работа №4,5(4 часа).

Тема: «Исследование схем защиты электронасосных агрегатов от перегрузки и асимметрии тока»

2.3.1 Цель работы: Обзор методов и средств защиты скважинных погружных насосов в системах водоснабжения

2.3.2 Задачи работы:

1. Принцип работы защиты электронасосных агрегатов от перегрузки и асимметрии тока.
2. Виды защиты электронасосных агрегатов от перегрузки и асимметрии тока.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Трехфазный асинхронный электродвигатель
2. Реле контроля обрыва фазы
3. Реле тока
4. Реле напряжения
5. Магнитный пускатель
6. Кнопочная станция
7. Реле времени
8. Тепловое реле

2.3.4 Описание (ход) работы:

Обзор методов и средств защиты скважинных погружных насосов в системах водоснабжения



2. Хороший скважный насос системы водоснабжения - это технически сложное и, как следствие, достаточно капризное устройство. Он готов обеспечивать отличную работу, но и отношения к себе требует внимательного.

Как правило, фирмы-производители стараются предусмотреть возможные опасные для скважинных погружных насосов ситуации, возникающие при их эксплуатации в системах индивидуального водоснабжения, и устанавливают встроенную защиту, либо выпускают дополнительные устройства в виде внешних блоков автоматики и управления насосом.

И владельцам собственных водяных скважин системы водоснабжения загородного дома следует помнить, что есть факторы, зависящие от конкретных условий эксплуатации скважинного насоса. Они оказывают существенное влияние на надежность насоса, его длительную, безаварийную работу.

Влияние этих факторов владельцу водяной скважины необходимо учесть самому.

Чего боятся скважинные погружные насосы?

1. Сухого хода
2. Гидравлического удара
3. Нестабильности параметров электросети
4. Замерзания воды
5. Мутности воды

3. Встроенные средства защиты скважинных погружных насосов

Защита насоса от сухого хода

Для скважинных насосов очень важна их защита от сухого хода.

Сухой ход возникает в ситуации, когда уровень воды в колодце или скважине падает ниже критического и всасывающий патрубок погружного насоса оказывается выше этого уровня.

Как результат - перегрев двигателя и выход насоса из строя. Чтобы избежать этого, существует несколько способов защиты погружного насоса.

- Можно использовать поплавковую систему. Схема работы в этом случае достаточно проста. При падении уровня воды, поплавок опускается в нижнее положение, размыкает цепь электропитания и отключает погружной насос. Водоснабжение в этом случае поддерживается за счет гидроаккумуляторного бака. При повышении уровня воды до нормального значения поплавок опять поднимется и, замкнув линию, включит насос.

- Аналогично работает и защита погружного насоса с помощью опущенных в воду двух специальных электродов (датчиков уровня), соединенных с защитным устройством. Если нижний электрод оказался выше уровня воды, то происходит отключение погружного насоса, и наоборот, когда вода достигнет уровня верхнего электрода, защитное устройство включит насос.
- Еще одним способом защиты погружного насоса от сухого хода является устройство, отслеживающее не уровень воды в колоде или скважине, а контролирующее прохождение воды через насос. Есть вода - насос работает, как только движение воды прекращается, это устройство останавливает его работу.

Защита насоса от гидравлического удара

Гидравлический удар происходит при включении "сухого" насоса или сливе воды обратно в скважину при отключении скважинного насоса, когда жидкость ощутимо бьет по лопастям крыльчатки и может повредить их настолько, что насос выйдет из строя.

Защита скважинного погружного насоса от гидравлического удара решается комплексно.

- Во-первых, производители скважинных погружных насосов предусматривают встроенный обратный клапан из высокопрочных материалов, которые позволяют разгрузить вес водяного столба, не подвергая опасным напряжениям рабочие плоскости крыльчатки скважинного насоса.
- Во-вторых, современные гидроаккумуляторы (обеспечивают накопление воды и подачу её в трубопровод даже при отключенном скважинном насосе) оборудованы датчиками и реле давления, осуществляющими автоматическое включение и отключение скважинного погружного насоса в случае, когда давление в системе водоснабжения выходит за пределы допустимого диапазона.

Защита электронных цепей скважинного погружного насоса

По статистике, около 85% отказов происходит именно с электрической частью скважинного погружного насоса. Основной причиной является межвитковое замыкание обмоток статора при перегреве из-за гидравлической перегрузки, либо при работе на пониженном или скачкообразно изменяющемся напряжении.

Всё поставляемое из-за рубежа насосное оборудование соответствует в первую очередь промышленным нормам страны-производителя. Так, для всех немецких погружных насосов допустимое отклонение напряжения в электрической сети от номинала составляет от +6 до -10%.

В скважинных погружных насосах немецкой фирмы Grundfos встроенная защита электродвигателя предотвращает его повреждение при выходе напряжения за допустимые пределы. Насос выключается, если напряжение падает ниже 150 В или повышается выше 280 В. Двигатель насоса автоматически включается, когда напряжение возвращается в пределы.

Следует помнить, что рабочее напряжение скважинных погружных насосов Grundfos 230 - 200 Вольт. И работа насоса внеэтого диапазона нежелательна.

Все возможные просадки и скачки напряжения, возникающие, при включении и отключении скважинного насоса, тоже негативно скажутся на ресурсе работы электродвигателя. Эта проблема решается при помощи системы плавного пуска, которая устанавливается на насосах для водяных скважин серии Grundfos SQE. Кроме того, процессор обеспечивает энегосберегающий режим питания мотора погружного насоса в зависимости от расхода воды в данный момент времени.

Защита насоса от замерзания

Замерзание жидкости в корпусе скважинного погружного насоса недопустимо, так как это может серьезно повредить аппарат или вообще вывести его из строя. Если насос находится в том месте, где температура окружающей среды опускается ниже нуля (например, остается зимовать в неотапливаемом помещении), всю воду из него надо слить.

Если скважина эксплуатируется круглогодично, то, конечно, на водоносных горизонтах промерзание скважинному насосу не грозит. В этом случае необходимо защитить оголовок скважины и для этих целей применяют кессоны - специальные подземные бункеры. Для частных владельцев артезианских скважин целесообразно использование кессона из металлического листа толщиной 3-5мм с наружной оклейкой гидроизолом.

При изготовлении кессона оголовок вваривают в его основании под люком. После установки кессона в котлован, на устье скважины, оголовок приваривают к обсадной колонне, защищая кессон от выталкивания при подъеме грунтовых вод.

Мутность (нерастворимые в воде частицы)

Чтобы понять опасность, которую представляет мутность для скважинных погружных насосов, достаточно заменить термин МУТНОСТЬ на его эквивалент - АБРАЗИВ, затем сопоставить с мощностью, с которой насос всасывает воду, чтобы поднять её на поверхность (до 100 метров и больше).

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Для артезианских вод основным источником мутности являются размываемые карстовые породы, в которых, собственно вода и залегает, а для воды "в песке"... Комментарии излишни. Плюс к неорганическим, сюда добавляются и органические составляющие мутности, обусловленные просачиванием поверхностных вод.

К сожалению, защитная сетка насоса не справляется с мелкодисперсными частицами и они практически беспрепятственно поступают в систему водоснабжения, разрушая не только насос (известны случаи, когда происходило заклинивание скважинного погружного насоса из-за присутствия в воде нерастворимых примесей), но и весь водопроводный тракт.

2.4 Лабораторная работа №6,7(4 часа).

Тема: «Изучение устройств защиты электродвигателей от асимметрии напряжений и от понижения изоляции обмоток электродвигателя»

2.4.1 Цель работы:

Изучение устройств защиты электродвигателей от асимметрии напряжений и от понижения изоляции обмоток электродвигателя

2.4.2 Задачи работы:

1. Принцип работы электродвигателей.
2. Виды защит электродвигателей от симметрии напряжений и от понижения изоляции обмоток электродвигателя.
3. Принцип работы защиты электродвигателей от асимметрии напряжений и от понижения изоляции обмоток электродвигателя.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Трехфазный асинхронный электродвигатель
2. Реле контроля обрыва фазы
3. Реле тока

4. Реле напряжения
5. Магнитный пукатель
6. Кнопочная станция
7. Реле времени
8. Тепловое реле
9. Мультиметр
10. Резистор
11. Реостат

2.4.4Описание (ход) работы:

Как известно, при минимальной асимметрии тока достигается максимальный КПД электродвигателя и наиболее длительный срок его службы. Вот почему важна равномерная нагрузка всех фаз.

В теории, одинаковое номинальное напряжение должно подаваться на все три фазы. Как правило, вблизи низковольтных трансформаторов так и происходит. Однако следует учитывать, что для предотвращения повышения или понижения напряжения на отдельных фазах при полной нагрузке сети все однофазные агрегаты должны быть равномерно распределены по трем фазам. Это должно быть сделано, поскольку такие устройства часто работают в режиме частых циклов включения/выключения и могут стать причиной асимметрии («перекоса») фаз.

Перекас фаз может быть вызван также асимметрией тока в линиях электропередач, а также изношенными либо окисленными контакторами. На случай возможной асимметрии в цепи нужно до включения электродвигателя в сеть проконсультироваться с представителями энергоснабжающего предприятия.

Асимметрия тока не должна превышать 5%, а при использовании пульта CU 3 — 10

Максимальное значение служит в качестве выражения асимметрии тока. Ток следует измерять на всех трех фазах (рис. 32). Наилучшим способом подключения является тот, при котором получают минимальную асимметрию.

Для сохранения неизменного направления вращения вала при изменении способа подключения фазы нужно менять.

Небольшая асимметрия напряжения приводит к большой асимметрии тока, что в свою очередь вызывает неравномерный нагрев обмоток статора и приводит к возникновению горячих зон и точечного нагрева.

Универсальный блок защиты асинхронных электродвигателей УБЗ-302.

УБЗ-302 предназначен для постоянного контроля параметров сетевого напряжения, действующих значений фазных/линейных токов трехфазного электрооборудования 380В 50 Гц и проверки значения сопротивления изоляции электродвигателей.

УБЗ-302 обеспечивает защиту асинхронных электродвигателей, мощностью от 2,5 кВт до 30 кВт при использовании встроенных токовых трансформаторов и до 315 кВт при использовании внешних токовых трансформаторов, в том числе и в сетях с изолированной нейтралью.

УБЗ-302 обеспечивает защиту электродвигателей при:

1. некачественном сетевом напряжении (недопустимые скачки напряжения, обрыв фаз, нарушение чередования и слипания фаз, перекас фазных/линейных напряжений);
2. механических перегрузках (симметричный перегруз по фазным/линейным токам);
3. защита по превышению порога тока обратной последовательности: несимметрии фазных токов без перегруза, связанных с нарушением изоляции внутри двигателя и/или

подводящего кабеля (сравнение коэффициента несимметрии тока по обратной последовательности с коэффициентом несимметрии напряжения по обратной последовательности);

4. исчезновении момента на валу электродвигателя («сухой ход» - для насосов) - защита по минимальному пусковому и/или рабочему току;

5.затянутаому пуску двигателя или блокировки ротора;

6.недопустимо низком уровне изоляции статора с корпусом двигателя (проверка перед включением);

7.замыкании на «землю» обмотки статора во время работы - защита по токам Утечки на «землю»;

8.тепловой перегрузке двигателя;

9. перегреве обмоток (определяется температура обмоток или при использовании встроенных в двигатель температурных датчиков или температура корпуса при использовании внешних температурных датчиков). По каждому типу защиты возможно запрещение и разрешение автоматического повторного включения (далее по тексту АПВ) нагрузки. Блок обеспечивает защиту электрооборудования путем управления катушкой магнитного пускателя (контактора)

Связь: управление и передачу параметров по интерфейсу RS-485 в соответствии с протоколом MODBUS, - управление и передачу параметров от компьютера по интерфейсу RS-232; управление и передачу параметров по ИК-каналу.

В отличие от УБЗ-301М, новый УБЗ-302 обладает рядом преимуществ:

1. *Широкие возможности в настройках прибора.* Возможность запрещать или разрешать работу по каждому типу защиты, так же запрещать или разрешать автоматическое повторное включения (АПВ) нагрузки. Для упрощения работы обслуживающего персонала с УБЗ-302, возможен выбор режима РМКУП (режим минимального количества установочных параметров). Наличие журнал аварийных состояний: УБЗ записывает в свою память код аварии, значение параметра, по которому произошла авария и время ее возникновения. УБЗ учитывает полное время работы устройства, и время наработки двигателя, сутки. Возможна установка кода доступа пользователя и кода доступа наладчика. Функциональное реле, может использоваться как: реле сигнализации; реле аварии; реле времени; реле переключения обмоток двигателя из звезды в треугольник. Возможно управление и программирование УБЗ-302 от компьютера (ПК). УБЗ отображает полную, активную и реактивную мощность, потребляемую нагрузкой.

2. *Информативность.* УБЗ-302 поставляется с ПО, возможно применение в SCADA-системах, диспетчеризации, системах АСУ ТП, управление и передача параметров по интерфейсу RS-485 или RS-232 в соответствии с протоколом MODBUS. Программа позволяет сохранять (загружать) различные настройки УБЗ, вести сбор данных и сохранять их для дальнейших исследований. Сохраненные данные можно просматривать на графике, сопоставляя параметры друг с другом. Графический интерфейс ПУ позволяет в реальном времени наблюдать текущее состояние различных параметров УБЗ.

3. Полный контроль над физическими процессами работы электродвигателя.

Универсальный блок защиты (двухскоростных) асинхронных электродвигателей УБЗ-302-01. (Лифтовой)

УБЗ-302-01 предназначен для защиты двухскоростных (двухобмоточных) двигателей лифтов, постоянного контроля параметров сетевого напряжения, действующих значений фазных/линейных токов и проверки значения сопротивления изоляции электродвигателей.

УБЗ-302-01 обеспечивает защиту асинхронных двухскоростных (двухобмоточных) электродвигателей, номинальным током от 5 до 50А при использовании встроенных

токовых трансформаторов. Есть возможность использования внешних токовых трансформаторов выпускаемых нашей фирмой, УБЗ с внешними трансформаторами поставляются по согласованию с заказчиком.

УБЗ-302-01 обеспечивает защиту электродвигателей при:
-некачественном сетевом напряжении (недопустимые скачки напряжения, обрыв и перекос фаз, нарушение чередования и слипание фаз);
-механических перегрузках (симметричный перегруз по фазным/линейным токам);
-превышении порога тока обратной последовательности (перекос тока);
-затянута пуске двигателя или блокировке ротора; недопустимо низком уровне изоляции между статором и корпусом двигателя (проверка перед включением);
-замыкании на «землю» обмотки статора во время работы - защита по токам утечки на «землю»;

-тепловой перегрузке двигателя;
По каждому типу защиты возможно запрещение и разрешение автоматического повторного включения (далее по тексту АПВ) нагрузки.
Блок обеспечивает защиту электрооборудования путем управления катушкой магнитного пускателя (контактора).

Блок определяет наличие токов двигателя при отключенном реле нагрузки. В этом случае блок индицирует аварию внешнего контактора, включающего двигатель, до тех пор, пока блок не будет выключен.

Универсальный блок защиты УБЗ-302 единственное на сегодняшний день недорогое устройство, осуществляющее полноценную защиту асинхронных электродвигателей.

УБЗ-302 исключает большинство причин, ведущих к возникновению аварийных режимов, позволяет оптимизировать работу электродвигателя, улучшает динамику работы электропривода. Это даст возможность снизить износ механических звеньев, продлит срок службы обмоток статора и в целом АД, уменьшит энергопотребление и потребление реактивной мощности.