

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»

Кафедра электропривода и автоматизации

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА СТРЕЛЫ ДРАГЛАЙНА**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Автоматика машин и установок горного производства»  
для специальности 130400.65 «Горное дело» специализации  
130410.65 «Электрификация и автоматизация горного  
производства», по дисциплине «Электропривод и автоматизация  
горных машин» для специальности 130400.65 «Горное дело»  
специализации 130409.65 «Горные машины и оборудование»  
всех форм обучения

Составители Н. М. Шаулева  
И. А. Лобур

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 8 от 21.05.2013  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
специализации 130410.65  
Протокол № 23 от 30.05.2013  
Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2013

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Изучить устройство и принцип действия аппаратуры, автоматической защиты стрелы драглайна от аварийных режимов.

1.2. Уяснить назначение отдельных элементов различных схем защиты.

1.3. Получить навыки по проверки монтажной схемы и определению неисправностей в аппаратуре.

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с различными схемами драглайнов.

2.2. Изучить и произвести проверку работы электромеханического устройства защиты драглайнов от аварийных режимов на лабораторном стенде.

2.3. Получить навыки поиска неисправностей.

## 3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

3.1. Принципиальная схема лабораторного макета электромеханического устройства защиты драглайна, результаты его испытаний и перечень элементов схемы их краткой характеристикой.

3.2. Блок-схема электронного устройства защиты драглайнов, составленная по рис. 5.6, и ее краткое описание.

## 4. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ СТРЕЛЫ ДРАГЛАЙНОВ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ

Большая часть простоев драглайнов вызывается аварийными причинами, одной из которых является режим растяжки ковша, когда из-за несвоевременного отключения приводов при движении ковша к стреле происходит удар его о стрелку, вызывая порыв канатов, деформацию, а иногда и падение стрелы.

#### 4.1. Электромеханические устройства защиты.

На мощных драглайнах защита от растяжки, пере подъема и перетяги ковша осуществляется с помощью механических координатных ограничителей, которые фиксируют допустимое приближение ковша к стреле и блокам по минимально допустимым длинам подъемного и тягового канатов и их сумме. Измерение длин канатов в этих устройствах производится либо с помощью механических дифференциалов, либо с помощью двух червячных винтов с гайками – каретками, получающих вращение от валов подъемного и тягового лебедок.

Данные защитные устройства не учитывают скорость приводов подхода ковша к стреле и блокам, от которых зависит путь проходимые ковшом по инерции после срабатывания защиты. Это приводит к необходимости применения предварительных ступеней защиты (для предварительного уменьшения скорости приводов), снижающих производительность экскаваторам.

Механические защитные устройства имеют низкую точность.

Ниже рассматриваются более совершенные электромеханические устройства автоматической защиты стрел, свободные от вышеуказанных недостатков.

ХАДИ совместно, с НКМБ разработано электромеханические устройства защиты 1 для драглайнов с ковшом более  $4\text{м}^3$  (рис. 1). С использованием на приводы подъема и тяги в аварийных положениях ковша относительно стрелы.

С помощью бесконтактных сельсинов осуществляется измерение длин канатов и их суммы. Сельсины связаны через понижающие редукторы Р1, Р3 с валами подъемной и тяговой лебедок, углы поворота которых  $\alpha_{\text{п}}$  и  $\alpha_{\text{т}}$  пропорциональны изменению длин канатов.

Высокая точность измерения суммы длин канатов достигается грубым и точным каналами отчета. Передаточное отношение редукторов Р1 в несколько раз меньше, чем редукторов Р2, что существенно уменьшает влияние зазоров в механической передаче на точность измерения суммы длины канатов  $\sum_{\text{то}}$  канатом точного отсчёта.

Защита от растяжки ковша осуществляется автоматическим управлением приводом тяги в зависимости от минимально допустимой суммы длин канатов и скоростей вращения двигателей подъема и тяги с помощью магнитного усилителя МУ 7.

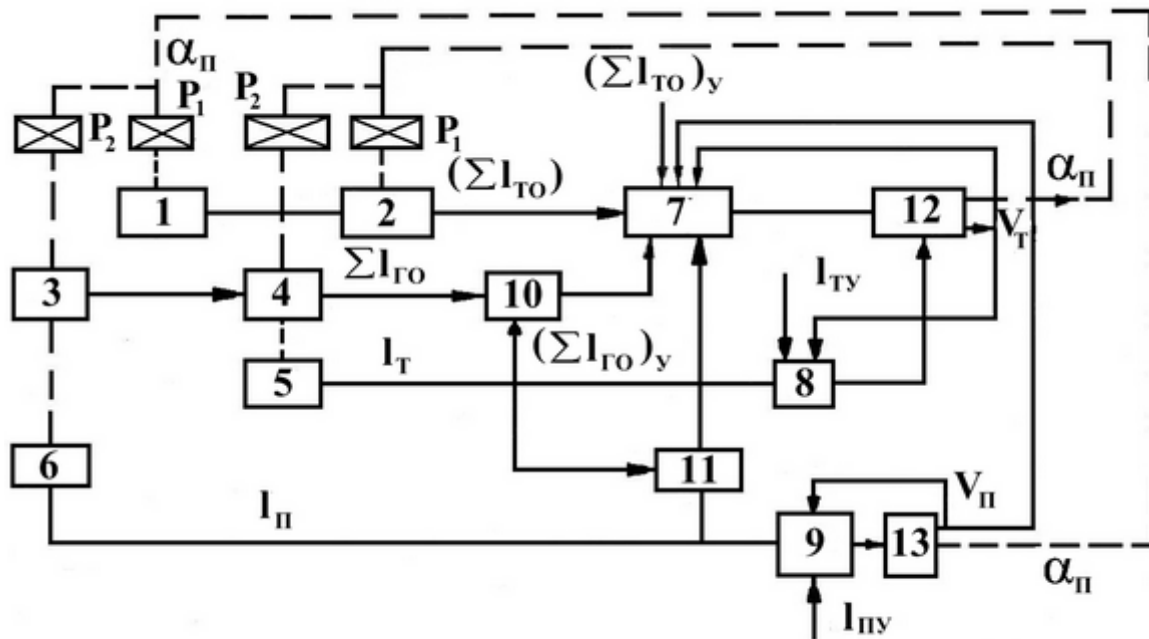


Рис. 1. Функциональная схема устройства защиты ковша от растяжки, переподъема и перетяги:

- 1-6 – бесконтактные сельсины;
- 7, 8, 9 – однотактные магнитные усилители;
- 10 – элемент сравнения;
- 11 – логический элемент;
- 12 – привод тяги;
- 13 – привод подъема.

Если сумма длин канатов больше уставки канала грубого отсчета, т.е.  $\sum l_{го} > (\sum l_{го})_у$  появление сигнала на выходе МУ7 подключается запирающим напряжением, поступающим с выхода элемента 10. При  $\sum l_{го} \leq (\sum l_{го})_у$  с усилителя 7 снимается запирающий сигнал и его выходное напряжение теперь зависит только от сигнала канала точного отсчета, т.е. вступает в работу защита от растяжки. Уставка канала точного отсчета  $(\sum l_у)$  пред-

ставляет собой сумму сигнала, и сигналов, пропорциональных скоростям приводов.

$$(\sum \ell_{го}) y = \sum \ell_{\min} + K (V_n + V_t)$$

Чем больше скорость уменьшения суммы длин канатов, т.е. чем больше сумма сигналов, пропорциональных скоростям приводов, тем раньше начинает работать защита от растяжки.

Максимальным скоростям приводов соответствует наиболее отдаленная от стрелы кривая начала работы защиты от растяжки 2 (рис. 2).

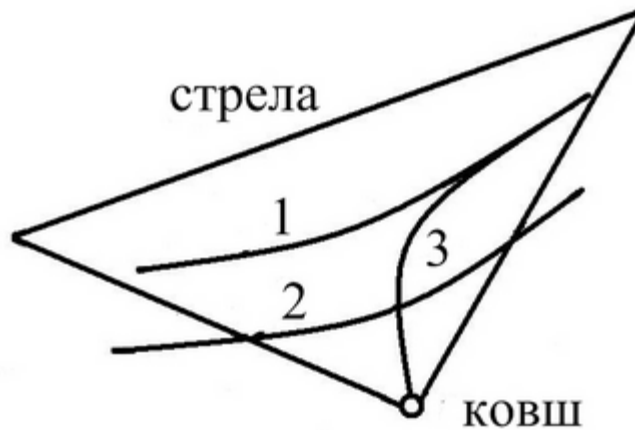


Рис. 2. Зона расположения кривых начала работы защиты от растяжки:

- 1 – кривая допустимого приближения ковша;
- 2 – кривая начала работы защиты от растяжки при максимальной скорости;
- 3 – траектория движения ковша при работе защиты от растяжки.

Все кривые, соответствующие меньшей скорости уменьшения суммы длин канатов, располагаются в зоне, ограниченной кривыми 1 и 2.

Если растяжка произошла при подъеме ковша, выходной сигнал МУ 7 (рис.1) обеспечит снижение или реверсирование

скорости тяги до величины, при которой ковш будет двигаться по кривой 1 допустимого приближения к оси стрелы.

В случае растяжки при опускании ковша МУ 7 снизит скорость тяги до величины, при которой ковш будет двигаться по кривой 1.

Эллиптическая кривая 1 у головы и окончания стрелы входит в рабочую зону. Для устранения этого недостатка в систему введен логический диодный элемент 11 (рис.1), снижающий установку срабатывания канала точного отсчета в пределах длин канатов, равных  $\frac{1}{4}$  длины стрелы, пропорционально уменьшению их. Благодаря этому исключаются ограничения возможности движения ковша по достаточно близким к стреле траекториям, что не влияет на маневренность экскаватора и, тем самым, на его производительность.

Защита от перетяги или от переподъема ковша осуществляется автоматическим управлением приводами тяги 12 или подъема 13 в зависимости от минимально допустимой длины канатов тяги  $l_T$  или подъема  $l_H$  с коррекцией по скорости соответствующего привода при помощи магнитных усилителей 8 и 9. Уставка защиты от переподъема  $l_{пу}$  или перетяги  $l_{ту}$  может быть отрегулирована таким образом, что ковш будет останавливаться.

В [1] описана релейная защита стрелы драглайна от аварийных режимов растяжки, перетяги и переподъема ковша, испытанная на разрезе «Ушаковский» на драглайнах ЭШ-10/60 и ЭШ-15/90А. Управляющая часть защиты выполнена на многообмоточных реле (см. рис. 3, а).

Принцип работы релейной защиты заключается в следующем. Длины канатов подъема  $l_H$  и тяги  $l_T$  измеряются с помощью бесконтактных сельсинов  $Сп$  и  $Ст$  типа БД-501Б, соединенных валами лебедок через понижающие редукторы с передаточным отношением  $I = 30$ . Для обеспечения постоянства фазы выходных напряжений сельсины  $Сп$  и  $Ст$  включены по автотранспортной схеме. С этой же целью выходное напряжение соединенных последовательно сельсинов  $Срп$  и  $Срт$ , измеряющих сумму длин канатов, складывается с напряжением от внешнего источника, равным максимальному выходу напряжению сельсинов.

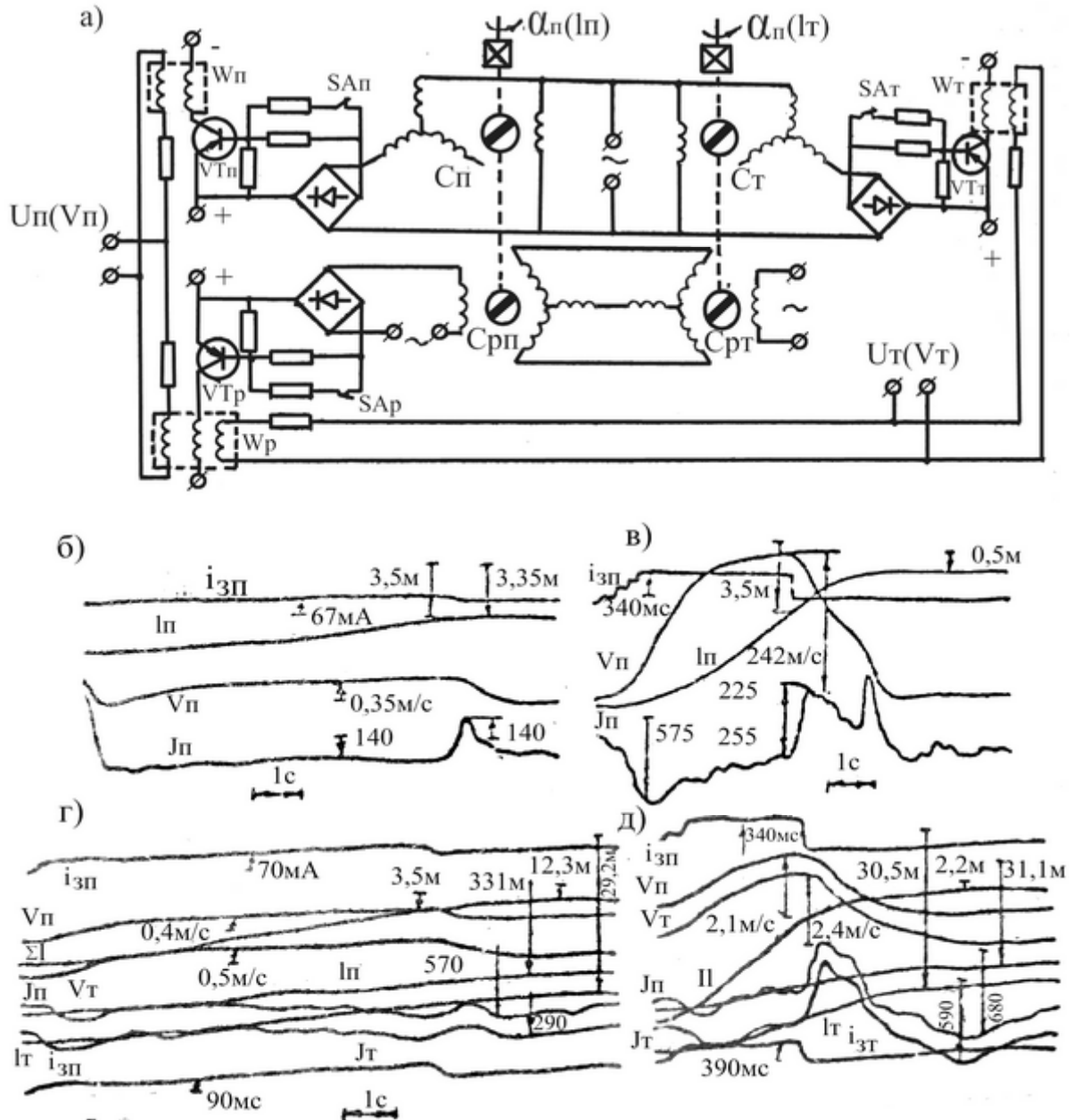


Рис. 3. Схема релейной защиты стрелы драглайна от аварийных режимов растяжки: переподъема и перетяги ковша (а); б, в – осциллограммы, характеризующие действие защиты от переподъема ковша при отсутствии скоростных сигналов соответственно при минимальной и максимальной скорости привода подъема; г, д – осциллограммы, характеризующие работу защиты от растяжки ковша при линейной обратной связи по напряжению генератора и наличии скоростных сигналов соответственно при минимальной и максимальной скоростях приводов подъема и тяги  $T_n$ ,  $T_T$ ,  $T_p$ , включенные через размывающие контакты реле, обеспечивают увеличение коэффициента возврата реле.

При уменьшении длин канатов или их суммы до минимально допустимой величины привод отключается с помощью реле  $R_p$ ,  $R_t$ , и  $R_r$ . Сопротивления в базовой цепи транзисторов

На свободные обмотки реле подаются напряжения  $U_{II}$  и  $U_T$ , снимаемые с двигателей подъема и тяги и пропорциональные скоростям соответствующих приводов. Эти напряжения обеспечивают регулирование (снижение) установок обрабатывания защиты и тем самым учитывают выбег приводов после ее срабатывания, предотвращая возможность удара ковша о стрелу.

При отсутствии скоростных сигналов (рис. 3, б, в), например, в защите от переподъема наблюдается существенный разброс положений остановки ковша (около 3м) для минимальной скоростей, что ограничивает возможность приближения ковша к головным блокам и уменьшает тем самым высоту разгрузки. Аналогичные результаты получены при испытании защиты от перетяги и растяжки (для защиты от растяжки разброс в 2 раза больше).

Введение отрицательных скоростных сигналов, изменяющих установку пропорционально скорости приводов, исключает разброс положений остановки ковша (рис. 3, г, д) для различных скоростей приводов при условии линейных обратных связей по напряжению генератора.

Независимо от величины начальных скоростей приводов, благодаря введению регулировок уставок пропорционально скоростям приводов, защита обеспечивает остановку ковша при одинаковой минимальной допустимой сумме канатов, что исключает ограничение рабочей зоны. Защита предназначена для экскаваторов малой и средней производительностей.

#### 4.2. Электронные устройства защиты

Рассмотренные выше электромеханические системы защиты стрел, основанные на измерение длин канатов с помощью сельсинов, позволяют ввести в защиту скоростной сигнал коррекции. Однако зависимость уставки от изменения длины канатов снижает эффективность защиты. В электронных устройствах защиты от режима растяжки ковша в качестве чувствительных элементов используется емкостные преобразователи. Они основаны на



применении конденсатора с изменяющимся зазором между его обкладками. При этом одной обкладкой является проводник, размещаемый вдоль защищаемой зоны, а другой обкладкой – ковш, отвал породы, контактный провод и т.д., в зависимости от вида защищаемого объекта – драглайн, отвалообразователь, мехлопата (в последнем случае речь идет о защите от касания ковшем контактного провода).

Блок-схема емкостного устройства контроля и защиты объектов на открытых горных работах представлена на рис. 4.

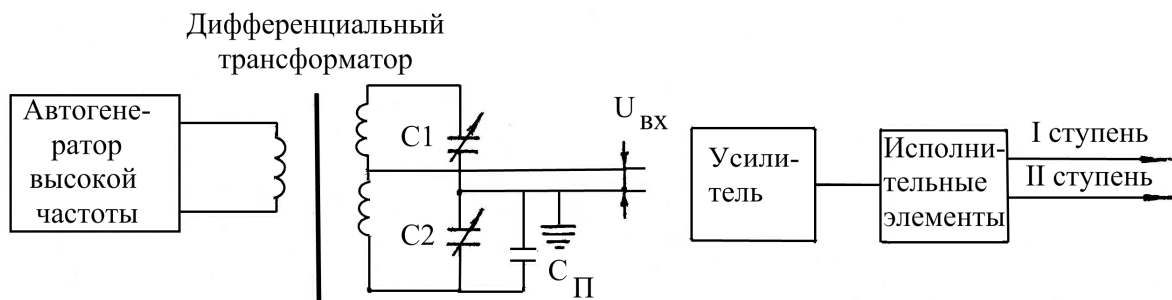


Рис. 4. Блок-схема емкостной защиты технологических объектов:  $C_1$ ,  $C_2$  – емкость проводников – антенн;  $C_{\Pi}$  – подстроечная емкость для уравнивания плеч измерительного моста (получение  $U_{ВХ} \rightarrow 0$ )

В исходном состоянии  $U_{ВХ}$  близко к нулю. При воздействии на любую из антенн (например, при приближении ковша к антенне) ее емкость увеличивается и возникает напряжение разбаланса  $U_{ВХ}$ , которое увеличивается. В зависимости от его уровня срабатывает 1 или 2 ступень защиты.

Расположение антенн-конденсаторов переменной ёмкости для различных защищаемых объектов 3.

Достоинство емкостной схемы защиты:

1. Прямой бесконтактный контроль положения рабочих органов;
2. Независимость действия защиты от внешней среды (температуры, влажности);
3. Универсальность применения.

Устройства защиты стрел (УЗС), описанное в [3], предназначено для предотвращения поломок стрелы драглайна при растяжки ковша или его затягивания в направляющие блоки, для контроля за положением отвальной консоли отвалообразователя относительно отвала при перемещении стрелы всего отвалообразователя, а также при отсыпки отвала и предотвращении поломки стрелы от соприкосновения с ним. Устройство может быть использовано для охранной сигнализации по периметру объекта: подстанции, склада ВВ и др.

Действие устройства основано на возникновении разбаланса емкостей двух одинаковых антенн, протянутых вдоль защищаемой части иного предмета.

Аппаратура УЗС (рис. 6.) содержит электронный блок, выходные реле для подачи аварийного сигнала и блокировки электропривода, два антенных проводника (чувствительные элементы), подвешенных на кронштейнах и изолированных от корпуса машины.

Для защиты стрелы экскаватора (рис. 5, б) рабочая антенна 1 подвешивается под стрелой вдоль динамической границы авс опасной зоны движения ковша, а компенсационная антенна 2 подвешивается над стрелой за пределами влияния ковша. Устройство обеспечивает контроль за расстоянием до 14 м между ковшом и стрелой.

Чувствительность устройства составляет на отвал 12м по горизонтали и 3м по вертикали от конца стрелы до конуса породы для отвалообразователей и 0,5 : 1 м – на приближение живого для охранной сигнализации.

Защита при использовании на драглайнах имеет две ступени срабатывания: первая снижает скорость подъема ковша до  $0,25 V_{\text{НОМ}}$  и задает первую скорость травления приводу тяги, вторая ступень обеспечивает реверс подъема на первой скорости или его остановку с наложением на него тормозов.

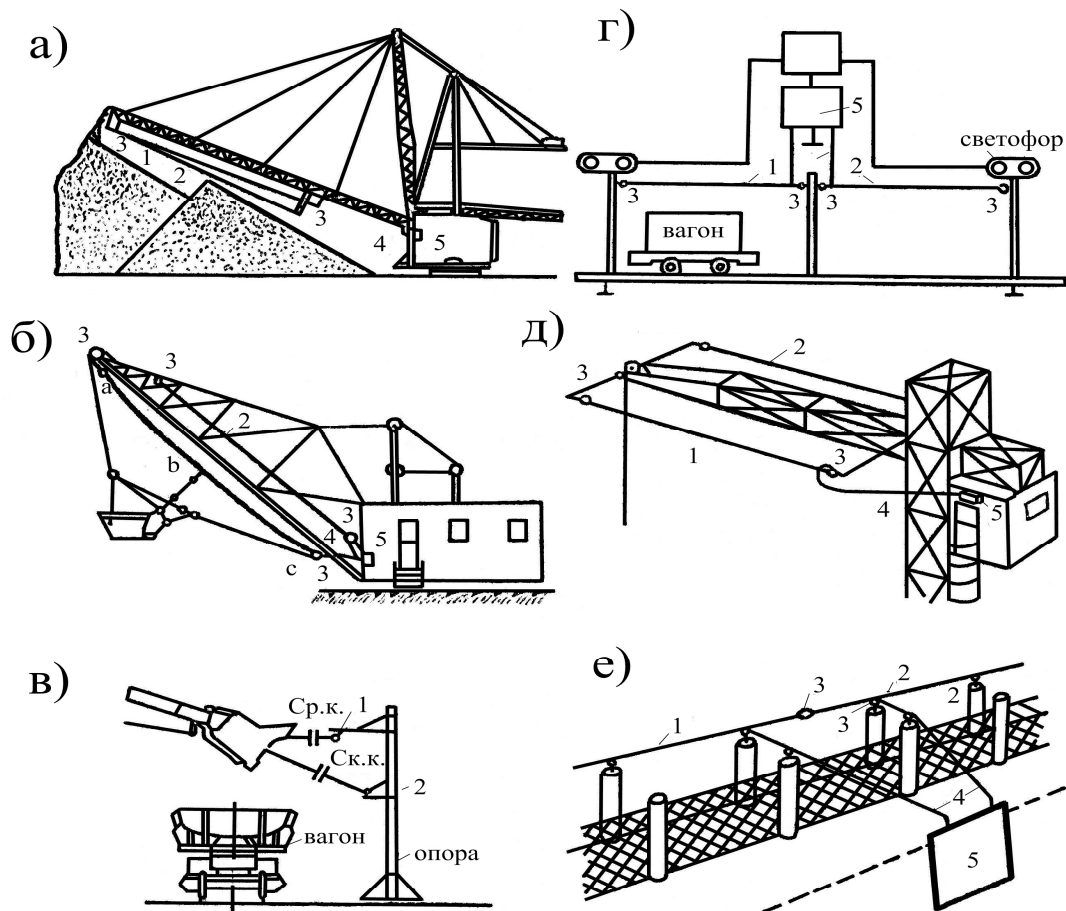


Рис. 5. Примеры использования емкостного устройства контроля и защиты:

- а) – контроль положения отвальной стрелы ТОМ;
- б) – защита стрелы драглайна;
- в) – контроль приближения ковша к контактному проводу;
- г) – контроль положения ж/д вагонов (защита участков пути);

д) – защита портального крана;

е) – охрана зоны от приближения людей, животных, механизмов (подстанции);

1,2 – рабочая и компенсационная антенна;

$C_{р.н.}$  – емкость контактного провода относительно ковша;

3 – изоляторы (кронштейны);

4 – когсиальные кабели;

5 – электронный блок.

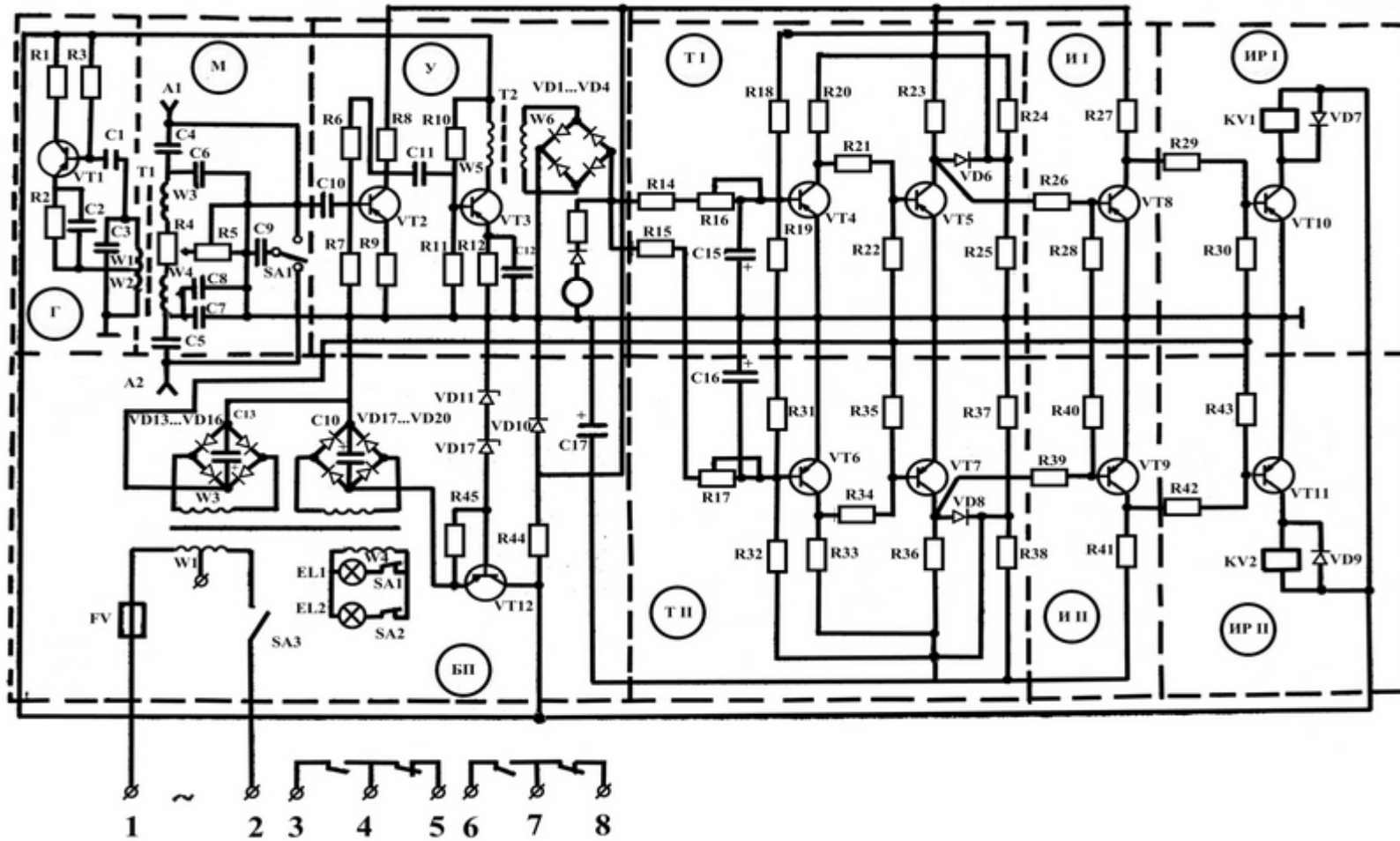


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема устройства защиты стрелы: Г – генератор; М – мост переменного тока; У – усилитель переменного тока; БП – блок питания; Т<sub>I</sub>, Т<sub>II</sub> – триггеры 1-й и 2-й ступеней; И<sub>I</sub>, И<sub>II</sub> – инвенторы 1-й и 2-й ступеней; ИР<sub>I</sub>, ИР<sub>II</sub> – исполнительное реле 1-й и 2-й ступеней.

Антенны подключаются в плечи моста переменного тока в точках А1, А2.

В исходном состоянии схемы реактивные и активные сопротивления моста М уравновешены и на входе усилителя У сигнал отсутствует. При этом реле SA1 и SA2 находятся под током.

При изменении емкости одной из антенн (приближение ковша) на входе У появляется напряжение разбаланса моста, которое после усиления опрокидывает триггеры. Реле отключается, производя переключения в цепях управления и сигнализации. Порог срабатывания 1 и 2 ступеней регулируется резисторами R16, R17.

Изменение влажности и температуры не вызывает полных срабатываний защиты.

Чувствительность УЗС 2пр  $\pm 10\%$ .

Опытные образцы УЗС были внедрены на экскаваторах ЭШ-10/60, ЭШ-15/90А Красногорского разреза.

Эффект от внедрения одного устройства достигается сокращением простоев благодаря предупреждения аварий и составляет 75,5 тыс. рублей.

## 5. ЛАБОРАТОРНАЯ СХЕМА ЗАЩИТЫ

Лабораторный стенд (рис. 7) позволяет изучить устройство и принцип действия электромеханической защиты драглайна от режима растяжки ковша. Схема содержит следующие основные элементы:

1. Чувствительный элемент, наполненный на сельсинах Ст, Сп типа БД 50ИНА, позволяющий производить измерения суммы длин канатов в виде сигнала  $U\sum\ell$ , значение которого возрастает при снижении суммы длин канатов;

2. Магнитный усилитель МУ, выполненный на однотактном магнитом усилителя типа ТУМ-А2-П, обеспечивающий функции управляющего органа защиты.

3. Реле SA - исполнительный элемент защиты;

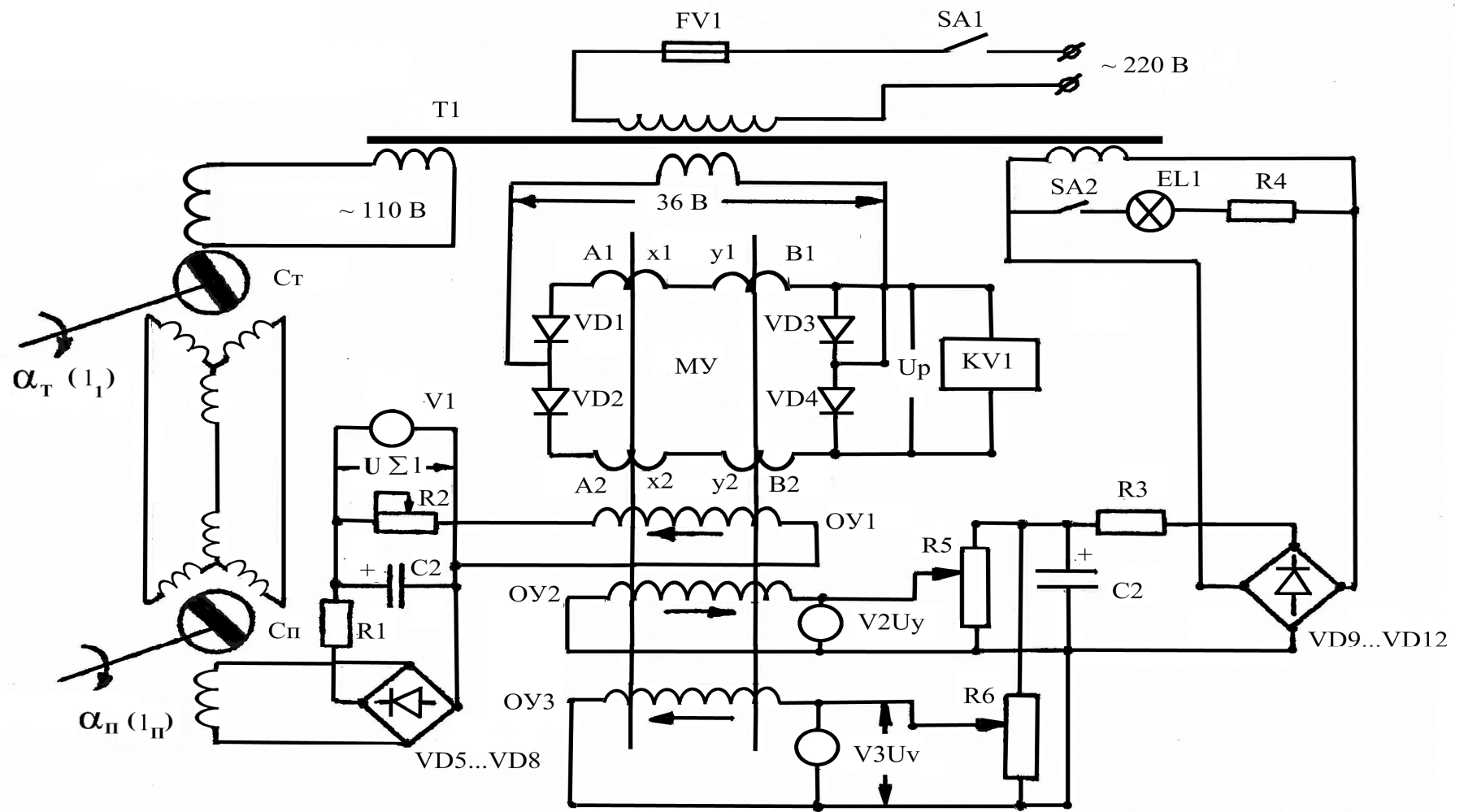


Рис. 7. Принципиальная схема лабораторного макета защиты драглайна от растяжки ковша

4. Сигнальная лампа EL1, фиксирующая срабатывание защиты.

На обмотки управления ОУ1 - ОУ3 магнитного усилителя подаются следующие сигналы:

1. Уставка защиты в виде напряжения  $U_y$ , прикладываемого к обмотке СУ<sub>2</sub>, величина которой может измениться при помощи потенциомера R<sub>y</sub>;

2. Сигнал скоростной коррекции  $U_v$ , подаваемый на обмотку ОУ. Его величина устанавливается при испытаниях защиты потенциометром R<sub>v</sub>;

3. Сигнал отрицательной обратной связи  $U_{\Sigma l}$ , определяющий фактическое положение ковша относительно стрелы, прикладываемой к обмотке ОУ<sub>1</sub>.

Работы схемы осуществляется следующим образом. При заданных значениях сигналов  $U_y$  и  $U_v$ , заторможенном вале сельсина С<sub>т</sub> и вращение вала С<sub>п</sub> по часовой стрелки возрастает сигнал  $U_{\Sigma l}$ . При этом выходной сигнал усилителя U<sub>p</sub> практически не меняется, останавливаясь на минимальном уровне. В момент превышения сигналом  $U_{\Sigma l}$  суммы сигналов ( $U_v+U_y$ ) происходит резкая увеличение выходного напряжения U<sub>p</sub>, срабатывает реле SA и загорается лампа EL1, что свидетельствует о срабатывании защиты.

При испытаниях на стенде провести 2 - 3 срабатывания защиты для различных значений сигнала скоростной коррекции. Результаты измерений напряжений, полученных в момент срабатывания защиты при помощи вольтметров V1-V3, занести в таблицу.

Для защиты лабораторной работы необходимо:

1. Изучить принципы и схему защиты драглайнов от аварийных режимов;

2. Представить схему и результаты лабораторных испытаний, лабораторного макета автоматической защиты драглайнов от растяжки ковша.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначения, устройство и принцип действия электро-механического устройства защиты (схема ХАДИ-НКМЭ);
2. Устройство и принцип действия релейной защиты стрелы драглайна от аварийных режимов;
3. Принцип построения емкостного устройства контроля и защиты объектов на открытых горных работах;
4. Устройство и принцип действия аппаратуры УЗС;
5. Устройство и работа лабораторного макета защиты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ткаченко В.И. Испытание релейной защиты стрелы драглайна от аварийных режимов / В.И. Ткаченко // Добыча угля открытым способом. - 1976. - № 6.
2. Ржевский В.В. и др. Бесконтактный способ контроля рабочих органов горных машин на открытых разработках / В.В. Ржевский // Горный журнал. - 1978. - № 10.
3. Бухгольц В.П. Автоматическое устройство защиты и сигнализации для драглайнов и отвалообразователей / В. П. Бухгольц // Горный журнал. - 1971. - № 9.



Составители  
ШАУЛЕВА НАДЕЖДА МИХАЙЛОВНА  
ЛОБУР ИРИНА АНАТОЛЬЕВНА

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА СТРЕЛЫ ДРАГЛАЙНА

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине  
«Автоматика машин и установок горного производства»  
для специальности 130400.65 «Горное дело» специализации  
130410.65 «Электрификация и автоматизация горного  
производства», по дисциплине «Электропривод и автоматизация  
горных машин» для специальности 130400.65 «Горное дело»  
специализации 130409.65 «Горные машины и оборудование»  
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 04.07.2013. Формат 60×84/16  
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,0  
Тираж 38 экз. Заказ

КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28  
Полиграфический цех КузГТУ, 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а