

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева  
Кафедра «Электроэнергетика»

**АЛЬБОМ ЗАДАНИЙ**  
**ПО КОНТРОЛЬНО-КУРСОВОЙ РАБОТЕ**  
**учебной дисциплины (модуля)**  
**«Средства коммутации электрической энергии»**

Уровень профессионального образования:  
высшее образование — бакалавриат

Направление (специальность) подготовки:  
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль (специализация) подготовки:  
«Электроснабжение»

Квалификация выпускника: академический бакалавр  
Форма обучения: очная, заочная

Тула 2018 г.

Альбом заданий к курсовой работе по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии» составлен доцентом В.С. Косырихиным и обсуждён на заседании кафедры «Электроэнергетика» института высокоточных систем им. В.П. Грязева,

протокол заседания кафедры № 5 от " 20 " мая 2018 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ В.М. Степанов

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>4</b>
<b>1 ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНО – КУРСОВУЮ РАБОТУ</b>	
1.1 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода крана КС-4561 (К-62).	5
1.2 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автокрана АБКС – 5.	13
1.3 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автомобильного крана АБКС – 5А	21
1.4 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автомобильного крана 8Т210	31
1.5 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода пневмоколёсного крана КС – 5363	40
1.6 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ – 100.0.	50
1.7 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ – 100.1	55
1.8 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ 160-2	67
1.9 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ-306	77
1.10 Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода козлового крана в крюковом исполнении КДКК-10	85
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>95</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В дисциплине «Средства коммутации электрической энергии» в соответствии с учебным планом подготовки академических бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение») предусмотрено в шестом семестре выполнение контрольно—курсовой работы, которая является начинающим этапом изучения дисциплины.

Выполнение курсовой работы расширяет кругозор студента, приучает его к самостоятельной работе с учебной и справочной литературой, к критической оценке параметров и характеристик электрических и электронных аппаратов, позволяющих сделать правильный выбор средств коммутации электрической энергии в зависимости от предъявляемых к ним технических и экономических требований, а также условий их эксплуатации.

В альбоме даны технические задания по выбору и расчёту электрических аппаратов управления и защиты электроприводов крановых механизмов с электродвигателями переменного и постоянного тока с различными системами управления и диапазоном регулирования скорости применительно к разным типам кранов и условиям их эксплуатации.

Для полноценной разработки курсовой работы следует дополнительно изучить специальную литературу по заданной тематике, а также ознакомиться с опытом работы соответствующих установок на промышленных предприятиях.

Курсовая работа выполняется и оформляется в соответствии с методическими указаниями, разработанными на кафедре.

В альбоме заданий на проектирование приведена соответствующая справочная литература, которую необходимо использовать при выполнении курсового проектирования.

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО ТулГУ

ИВТС им. В.П. Грязева

Кафедра "Электроэнергетика"

## Задание

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 1.5: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автокрана КС-4561”.**

2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. **Исходные данные для проектирования.**

3.1. Грузоподъемность 16 т.

3.2. Источник питания — генератор синхронный трёхфазного тока мощностью 37,5 кВт, напряжение 400 В или внешняя сеть электроснабжения.

3.3. Род тока — переменный ток напряжением 380 В и частотой 50 Гц.

3.4. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.

3.4.1. Электродвигатель грузовой лебедки — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 411-8, 380 В, 50 Гц,  $P_H = 15$  кВт,  $n_H = 710$  об/мин,  $I_{H.C.} = 42$  А,  $\cos \varphi_H = 0,67$ ,  $\eta_H = 0,81$ ,  $I_{H.P.} = 48$  А,  $U_P = 206$  В,  $M_{max} = 569$  Н·м,  $J_P = 0,537$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4.2. Электродвигатели подъёма соответственно грейферной лебёдки и стрелы — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 311-8,  $P_H = 7,5$  кВт, 380 В, 50 Гц,  $n_H = 695$  об/мин,  $I_{H.C.} = 22,8$  А,  $\cos \varphi_H = 0,68$ ,  $\eta_H = 0,73$ ,  $I_{H.P.} = 21$  А,  $U_P = 245$  В,  $M_{max} = 265$  Н·м.

3.4.3. Электродвигатель вращения крана — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 111-6, 380 В, 50 Гц,  $P_H = 3,5$  кВт,  $n_H = 895$  об/мин,  $I_{H.C.} = 10,4$  А,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,7$ ,  $I_{H.P.} = 15$  А,  $U_P = 167$  В,  $M_{max} = 85$  Н·м,  $J_P = 0,049$  кг·м<sup>2</sup>.

3.5. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.

3.6. Виды защиты электропривода — максимально-токовая (при коротких замыканиях и перегрузках), нулевая защита (при недопустимом снижении или исчезновении напряжения), конечная защита (в сочетании с конечными выключателями).

3.7. Окружающая среда — нормальная.

3.8. Система управления — кулачковый контроллер.

3.9. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 2,5:1.

4. **Содержание пояснительной записки.**

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.7. Заключение.

4.8. Литература.

5. **Перечень графического материала:** общий вид автокрана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_  
(подпись) (дата)

## 1.1 Электропривод крана КС-4561 (К-162)

Кран КС-4561 грузоподъемностью 16т смонтирован на шасси автомобиля КрАЗ-257К, оснащен основной стрелой длиной 10 м, удлиненными с помощью секций стрелами от 14 до 22 м, с гуськом длиной 5 м, вспомогательным крюком, башней и крюковой подвеской. Кран способен передвигаться с грузом 4,4 т на основной стреле и 1,5 т на удлиненной стреле длиной 18 м. Передвижение крана со сменным рабочим оборудованием по строительной площадке разрешается со скоростью до 5 км/ч. При этом стрела должна быть опущена и расположена вдоль продольной оси машины над поперечной балкой задних выносных опор. При передвижении крана с башенно-стреловым оборудованием башня должна находиться в вертикальном положении, а стрела должна быть опущена и зафиксирована.

**Электрооборудование крана.** Привод крана электрический от генератора типа ЕСС5-4М-101 мощностью 37,5 кВт; кран может работать от внешней сети электроснабжения. На кране возможно совмещение подъема (опускания) крюка или стрелы с вращением поворотной платформы.

Все электродвигатели, применяемые на кране, кранового исполнения, переменного тока напряжением 3.80 В и частотой 50 Гц.

**При работе электрооборудования крана от внешней сети** необходимо подключить к зажимам внешнего питания четырехжильный кабель сечением не менее  $3 \times 10 + 1 \times 6 \text{ мм}^2$  с медными жилами. Управление краном осуществляется с пульта управления, расположенного в кабине машиниста, при помощи кнопок и рукояток контроллеров.

При работе от внешней сети заземление крана осуществляется через четвертую жилу кабеля, присоединенную к сетевой жиле заземления. Вся коммутационная аппаратура и предохранители находятся в пульте управления и на панели крановых приводов, а аппаратура по защите генератора и его управлению - на панели неповоротной рамы в кабине шофера под сиденьем пассажира.

При работе от собственного генератора заземление крана осуществляется присоединением нулевого провода генератора к металлоконструкции крана.

На рисунке 1 приведена электрическая схема крана КС-4561, которая обеспечивает работу и управление механизмами подъема груза, поворота крана, подъема и опускания, стрелы, передвижения крана. Двигатели внутреннего сгорания работают на постоянном токе 24 В от аккумуляторной батареи автошасси.

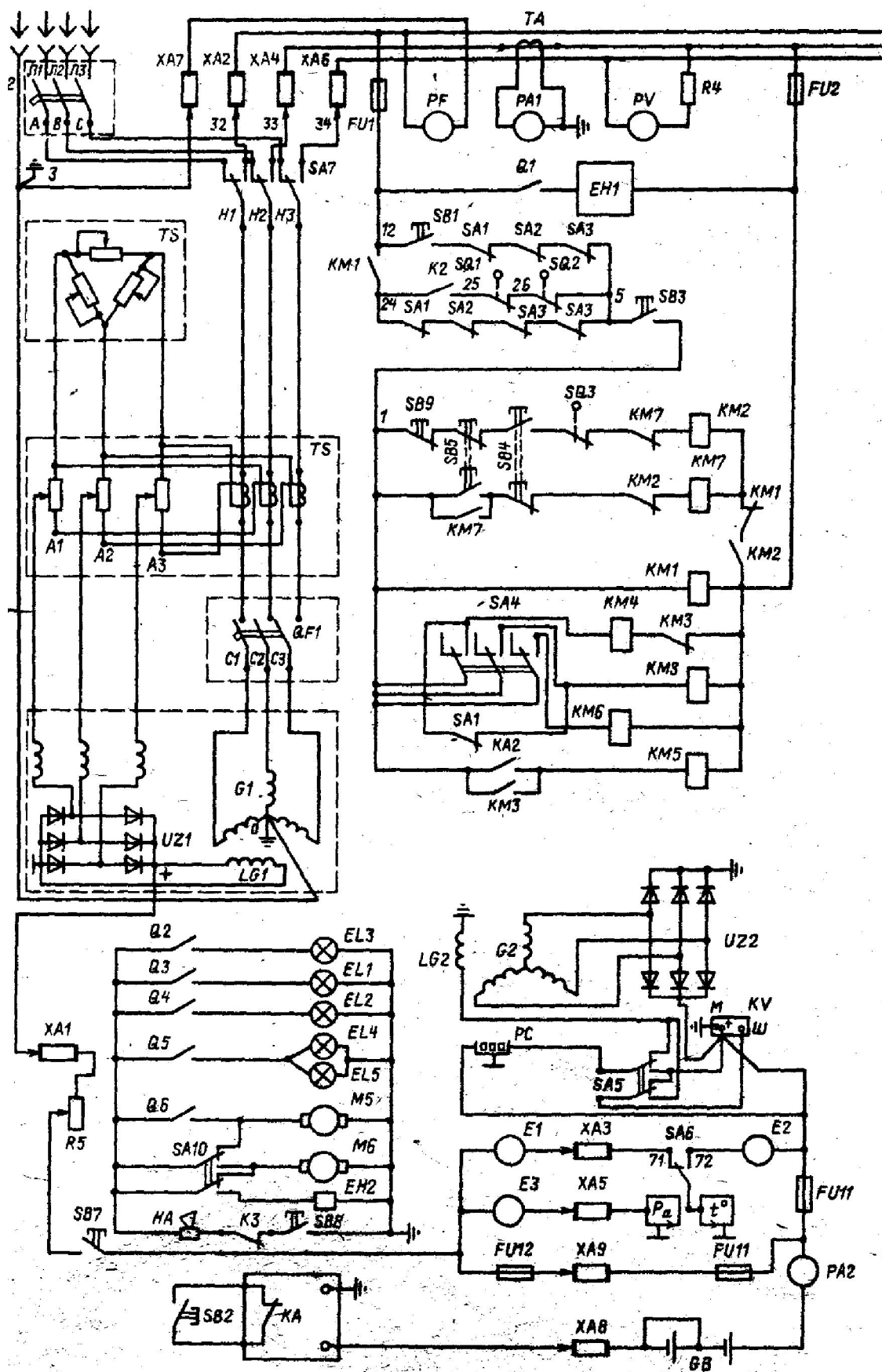
При работе от собственного генератора необходимо произвести следующие переключения: трехполюсный пакетный переключатель SA7 перевести в положение "Генератор", что соответствует замыканию контактов 32-Н1, 33Н2, 34-Н3 (рисунок 1), включить автоматический выключатель QF1, переключатель приборов SA6 в кабине шофера перевести в положение "Кран", что соответствует замыканию контактов 71-72, запустить двигатель автошасси, включить коробку отбора мощности. Все перечисленные операции осуществляются машинистом из кабины автошасси, после чего он переходит в кабину крана.

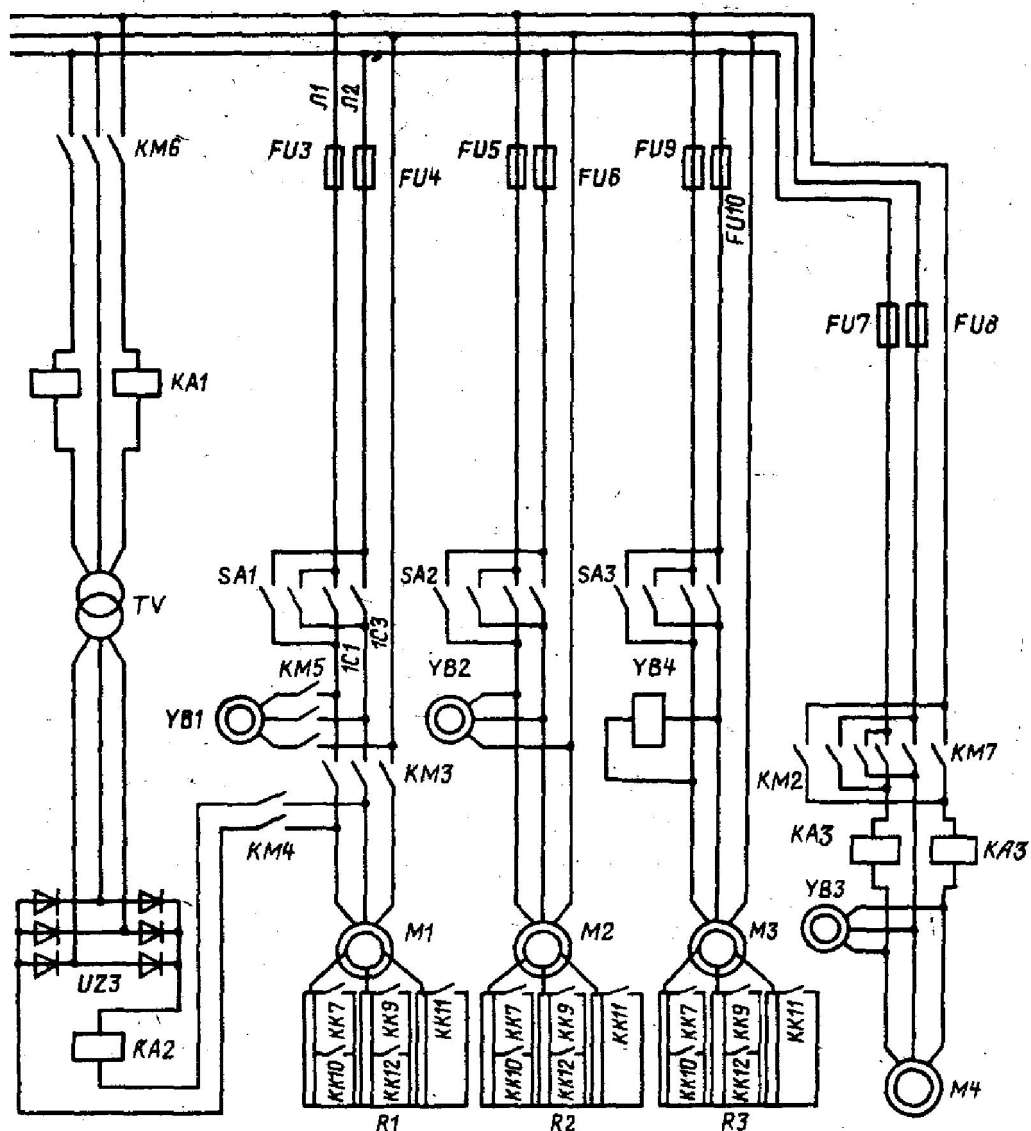
Проверяется работа приборов контроля двигателя внутреннего сгорания (температура воды и давление масла), работа звукового сигнала и осветительных приборов, устанавливается универсальный переключатель SA4 в положение "Норм. работа", контроллеры — в нулевое положение, переключатель грузовых характеристик на релейном блоке ОГП-1 устанавливается на соответствующую характеристику. Рукояткой топливоподачи плавно увеличивают частоту вращения двигателя внут-

ренного сгорания и соединенного с ним генератора, кратковременным нажатием на кнопку SB 7 возбуждают генератор, после чего устанавливают частоту вращения двигателя внутреннего сгорания 1500 об/мин, что соответствует показанию частотомера 50 Гц и показанию вольтметра 400...410 В. После этого нажатием кнопки SB1 подают питание от сети трехфазного тока к катушкам магнитных пускателей KM1 и KM2, в результате чего замыкаются вспомогательные контакты 12-24 пускателя KM1, шунтирующие пусковую кнопку SB1, и пускатель KM1 переходит на самопитание, а через главные контакты магнитного пускателя KM1 подается питание от переключателя SA7 к контроллерам. Пускатели KM1 и KM2 включены, вспомогательные контакты пускателя KM3, замыкаясь, включают пускатель KM5. После этого можно включать любой механизм крана включением соответствующего контроллера, а механизм стрелы - нажатием кнопки SB4 или SB5.

Электродвигатель механизма подъема груза M1 подключен к сети через кулачковый контроллер SA1 и магнитный пускатель KM3. Контроллер включается в сеть фазами Л1 и Л2. При переводе ручки на себя, (подъем) замыкаются пускатели KM3 и KM5 и подается питание на электродвигатель и привод тормоза. Остановка осуществляется путем перевода рукоятки контроллера груза SA1 в нулевое положение. При этом происходит отключение двух фаз в цепи электродвигателя и тормоза.

Регулировка скорости подъема и опускания груза происходит путем переключения контроллером резистора в цепи ротора. При первом положении рукоятки контроллера SA1, соответствующем включению всего сопротивления резистора в цепи ротора, пусковой момент подъема минимальный. При подъеме больших грузов, близких к максимальным, момент, создаваемый грузом, превышает момент электродвигателя, соответствующий первому и второму положениям контроллера а, и груз в этом случае не поднимается. Для подъема таких грузов рукоятку контроллера переводят в третье, а затем в четвертое и пятое положения.





Диаграммы замыкания контактов контроллеров														
SA1					SA2					SA3				
Позиции рукоятки					Позиции рукоятки					Позиции рукоятки				
Подъем		Спуск			Спуск		Подъем			Вправо		Влево		
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1

G1 - генератор синхронный ECC5-4M101, 37,5 кВт, 400 В; G2 - генератор; M1 - электродвигатель грузовой лебедки МТВ-411-8, 16 кВт, 220/380 В; M2, M4 - электродвигатели подъёма соответ-

венно грейферной лебёдки крана МТ-111-6, 3,5 кВт, 220/380 В; *QF1, QF2* - выключатель автоматический АЗ163 на 380 В; *SA4* - переключатель универсальный УП5313-С51 на 500 В; *SA7* - трехполюсный пакетный переключатель ППЗ-60/Н2 на 250 В, 10 А; *KM1* - пускатель магнитный ПА-411 на 380 В; *KM2, KM3* - пускатели магнитные П-312М на 380В; *KM4, KM5* - пускатели магнитные П-311М на 380В; *KM6* - пускатель выпрямительного устройства П-311М на 380 В; *KA1, KA2* - реле постоянного тока РЭВ-571 на 25 А; *SQ1... SQ3* - выключатели конечные ВК-211Б на 6 А; *SA1...SA3* - контроллеры кулачковые НТ-51 на 380В; *YB1...YB3* - тормоз гидравлический; *YB4* - тормозной электромагнит однофазного тока МО-100Б на 380 В; *R1, R2* - ящики пускорегулирующих сопротивлений НК-1, кат. №2ТД.750.000.19; *R3* -ящик пускорегулирующих сопротивлений НФ-2, кат. №2ТД.754.006.36; *TA* - трансформатор тока ТК-20 на 500 В; *TV* - трансформатор трехфазный понижающий ТС-2,5/0,5 на 380/36 В; *XA1...XA9* - кольцевые токо-съемники на 9 колец К-3109; *Q1...Q6* - выключатели однополюсные 69-К на 24 В, 10 А; *SA5, SA10* -переключатели двухполюсные; *SA6* - переключатель однополюсный П25-Д на 28 В, 20 А; *PA1* - амперметр Э-421 на ток 0...100 А; *PA2* - амперметр Э421 на ток 0...30 А; *PV* - вольтметр Э-421 на 450 В; *R4* - резистор Р-102; *R5* - резистор; *PF* - частотомер В81Т на 220 В; *SB1...SB5, SB7, SB9* - кнопки КУ-100; *EH1* - электропечь ПТ-8-2 на 220 В, 0,75 кВт; *FU1, FU2* - предохранители трубчатые ПР-2 на 380 В, 15 А; *FU3... FU10* - предохранители; *FU1, FU2* - предохранители установочные Ц-27; *HA* - комплект звуковых тоннальных сигналов С-100 на 24 В; *SB8* - кнопка звукового сигнала КЗС-4664; *M5* - стеклоочиститель СЛ-215 с электродвигателем на 24 В; *EL1, EL2* - фары ФП-А2 на 24 В; *M6* - электродвигатель вентилятора МЗ-205 на 24 В; *EL3* - плафон для внутренне освещения кабины ПК-25 на 24 В; *EL4, EL5* - плафоны для внутреннего освещения кузова ПК-5 на 24 В; *TS* - стабилизаторное устройство; *LG1, LG 2* - обмотка возбуждения генераторов *G1* и *G2*; *UZ1, UZ2, UZ3* - выпрямители; *PC* - счетчик моточасов; *E1, E2* - указатели температуры УК-26; *E3* - указатель давления масла УК-28; *GB* - аккумуляторная батарея; *Pa* - датчик указателя давления масла ММ9; *t°* — датчик указателя температуры; *KM1...KM3* - контакты ограничителя грузоподъемности; *KV* — реле напряжения; остальное – контакты

### Рисунок 1 – Принципиальная схема электрооборудования автокрана КС-4561 (К-162)

При опускании груза питание электродвигателя может осуществляться двумя способами: от сети переменного тока и от сети постоянного тока (электродинамическое торможение), что обеспечивает понижение скорости.

При питании электродвигателя от сети переменного тока универсальный переключатель *SA4* находится в положении "Норм. работа", и рукоятка контроллера *SA1* переводится на спуск. При этом замыкаются контакты *KM1, KM2, KM3*.

Работа всей остальной пускорегулирующей аппаратуры аналогична работе, соответствующей подъему груза, с той лишь разницей, что минимальная скорость опускания груза будет при первом положении рукоятки контроллера *SA1*, а максимальная — при пятом положении. Не разрешается опускать грузы, по массе близкие к номинальным, при первом и втором положениях контроллера *SA1* во избежание разноса электродвигателя. При работе крана без динамического торможения универсальный переключатель должен находиться в положении "Норм. работа".

При питании электродвигателя постоянным током (электродинамическое торможение) рукоятка универсального переключателя *SA4* находится в положении "Замедл. спуск". В этом случае при нулевом положении рукоятки контроллера *SA1* включены пускатели *KM1, KM2, KM3, KM5*. Пускатель *KM2* подключает пони-

жающий трансформатор TV к сети, вследствие чего на выпрямитель UZ3 подается напряжение.

При переводе рукоятки контроллера на спуск контакты контроллера SA1 размыкаются и пускатель КМЗ отключается, его замыкающие контакты, замыкаясь, включают пускатель КМ4, а размыкающие контакты, размыкаясь, отключают пускатель КМ5. В результате на зажимы 1С1 и 1С3 будет подано постоянное напряжение от выпрямителя UZ3 и по статорной обмотке электродвигателя М.1 пойдет постоянный ток. Контакты токового реле КА2 замыкаются и подключают пускатель КМ5, что вызывает включение привода тормоза (растормаживание механизма).

Регулировка скорости опускания груза осуществляется контроллером SA1 за счет введения резисторов в цепь ротора электродвигателя. Перевод контроллера с первого на второе, третье и последующие положения производится с выдержкой на каждой позиции не менее 3 с, так как быстрое переключение может вызвать падение груза.

Отключение производится путем перевода рукоятки контроллера в нулевое положение. В этом случае включается пускатель КМЗ, а пускатель КМ4 отключается, тогда можно производить подъем груза путем перевода рукоятки контроллера SA1 в положение "Подъем", не переключая переключатель SA4 в положение "Норм, работа". При этом вся работа пускорегулирующей аппаратуры аналогична работе, соответствующей подъему груза.

При переводе рукоятки контроллера SA1 в положение "Спуск" опять произойдет опускание груза с динамическим торможением. Время включения электродвигателя при динамическом торможении не должно превышать 1-2 мин в течение каждых 10 мин работы во избежание его перегрева.

Для аварийного отключения подъема следует нажать кнопку 8ВЗ, что вызовет отключение всей пускорегулирующей аппаратуры и приведет к остановке механизма.

Управление электродвигателем М2 и тормозом вспомогательной лебедки осуществляется контроллером SA2 путем перевода его в положение "Подъем" или "Спуск". При этом в первом положении контроллера пусковой момент подъема наименьший, а в пятом положении - наибольший. При переводе контроллера в нулевое положение производится отключение электродвигателя и торможение лебедки.

Поворот рукоятки контроллера механизма вращения вправо и влево соответствует направлению вращения крана. Минимальная скорость может быть получена в первом положении контроллера, а максимальная — в пятом.

Для остановки механизма переводят рукоятку контроллера в нулевое положение.

Поднимается и опускается стрела нажатием соответственно кнопок SB4 и SB5, которые включают реверсивный магнитный пускатель (КМ2 и КМ7). Остановка механизма производится кнопкой SB6, отключающей этот пускатель. Реверсирование электродвигателя производится только после остановки кнопкой SB6. При работающих двигателе внутреннего сгорания и генераторе отключение всех электродвигателей может осуществляться нажатием кнопки SB3 цепи управления.

Генератор защищен трехполюсным автоматическим выключателем QF1. При питании крана от внешней сети предусмотрена защита питающего кабеля и всего электрооборудования автоматическим выключателем QF2. Автоматические выключатели осуществляют защиту как от короткого замыкания, так и от перегрузок. Защита электродвигателей от коротких замыканий обеспечивается предохра-

нителями, установленными на панели электропривода. При сгорании предохранителя машинист обязан отключить электродвигатель от сети переводом рукоятки контроллера в нулевое положение, а для отключения электродвигателя стрелы необходимо нажать кнопку SB6. Цепь управления напряжением 380 В защищена двумя предохранителями — FU1 и FU2, установленными на щитке в силовом шкафу. Предусмотренная схемой нулевая блокировка не допускает включение крана в работу (пускателя KM1), если рукоятка хотя бы одного контроллера находится в рабочем положении. Блокировка достигается включением в цепь катушки магнитного пускателя KM1 замыкающих контактов 1-2, 2-3, 3-5 контроллеров SA1, SA2, SA3, которые замкнуты в нулевом положении рукояток.

Нулевую защиту осуществляет магнитный пускатель KM1. При исчезновении напряжения в период работы крана пускатель KM1 отключается и разрывает цепь главного тока. При повторной подаче напряжения пускатель можно включить только нажатием на кнопку SB1, установив предварительно все контроллеры в нулевое положение.

На кране установлены конечные выключатели ограничения хода рабочих органов механизмов. Конечные выключатели SQ1, SQ2 отключают пускатель KM1 при достижении главным или вспомогательным крюком крайнего верхнего положения. При его срабатывании необходимо рукоятки контроллеров поставить в нулевое положение, нажать кнопку SB1 и произвести опускание груза.

Конечный выключатель SQ3 производит отключение пускателя KM3 при достижении стрелой минимального вылета. Дальнейший подъем стрелы невозможен а опускание стрелы осуществляется нажатием кнопки SB5. Включение электродвигателя M1 одновременно на постоянное и переменное напряжение невозможно, для этого служит блокировка пускателей KM3 и KM4 (вспомогательные контакты пускателя KM3). При нарушении указанной блокировки возможны попадание на выпрямитель 380 В и вывод его из строя. Для защиты электродвигателя стрелы и понижающего трансформатора служит тепловое реле КА. Электродвигатель EN1 защищен предохранителем FU1. Цепь освещения, сигнализации и приборов контроля двигателя внутреннего сгорания работает на постоянном токе напряжением 24 В, получает питание от аккумуляторной батареи автошасси и защищена предохранителем FU12. Звуковой сигнал работает при нажатии кнопки SB8. Возбуждение генератора в начальный момент работы производится по цепи 24 В через предохранитель FU12.

По окончании работы нажатием кнопки SB3 в цепи управления кабель отключают сначала от внешней сети, а затем от зажимов силового щита.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО ТулГУ**  
**ИВТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра «Электроэнергетика»**

### ЗАДАНИЕ

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 2: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автомобильного крана АБКС-5”.**

2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. **Исходные данные для проектирования.**

3.1. Источник электроэнергии — синхронный дизель-генератор, 25 кВт, 400 В или посторонний источник трёхфазного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц с глухозаземлённой нейтралью.

3.2. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.

3.2.1. Электродвигатель привода грузовой лебёдки — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 211-6,  $P_H = 7,5$  кВт,  $n_H = 880$  об/мин,  $I_{H.C.} = 19,5$  А,  $\cos \varphi_H = 0,77$ ,  $\eta_H = 0,755$ ,  $M_{max} = 216$  Н·м,  $M_H = 206$  Н·м,  $I_H = 78$  А,  $J = 0,11$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.2. Электродвигатели привода монтажной лебёдки и поворота — асинхронные с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 012-6,  $P_H = 2,2$  кВт,  $n_H = 880$  об/мин,  $I_{H.C.} = 7,2$  А,  $\cos \varphi_H = 0,69$ ,  $\eta_H = 0,67$ ,  $M_{max} = 66$  Н·м,  $M_H = 66$  Н·м,  $I_H = 22$  А,  $J = 0,027$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.3. Электродвигатель привода грузовой тележки — асинхронные с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт,  $n_H = 875$  об/мин,  $I_{H.C.} = 5,2$  А,  $\cos \varphi_H = 0,66$ ,  $\eta_H = 0,61$ ,  $M_{max} = 41$  Н·м,  $M_H = 41$  Н·м,  $I_H = 15$  А,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.

3.4. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями).

3.5. Система управления — пускатели магнит.

4. **Содержание пояснительной записки.**

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.6. Заключение.

4.7. Литература.

5. **Перечень графического материала:** общий вид автокрана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
 доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_  
 (подпись) (дата)

## 1.2 Электропривод крана АБКС-5

Основным назначением данного крана является производство строительно-монтажных работ в условиях сельского строительства, а также при погрузочно-разгрузочных работах.

**Электрооборудование крана.** Электрическая схема крана АБКС-5 (рисунок 2) обеспечивает работу и управление механизмами подъема груза, поворота крана и передвижение грузовой тележки, а также монтаж крана с помощью монтажной и грузовой лебедок.

В качестве источника электроэнергии для питания электродвигателей автокрана применен синхронный генератор ЕСС-5-81-6М-101 мощностью 25 кВт с приводом от двигателя базового автомобиля МАЗ-500. Кроме того, предусмотрена возможность питания от постороннего источника трехфазного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц с глухо заземленной нейтралью при помощи кабеля.

Привод рабочих механизмов крана - индивидуальный; возможны -раздельная работа механизмов и совмещение некоторых рабочих операций. Для работы в темное время суток кран оборудован рабочим освещением.

Электроосветительная и сигнальная аппаратура питается от бортовой сети автомобиля постоянным током напряжением 12 В. Кроме того, для питания электрооборудования крана от постороннего источника электроосветительные приборы питаются переменным током от понижающего трансформатора. Схема обеспечивает использование генератора крана в качестве источника внешней нагрузки мощностью не более 7 кВт.

Электрооборудование крана состоит из следующих основных узлов: генератор с приводом и управлением, панель электроприводов, пульт управления, электродвигатели и тормоза, приборы освещения и сигнализации, приборы безопасности.

**Генератор с приводом и управлением** предназначен для питания электрооборудования крановой установки или внешней нагрузки мощностью до 7 кВт. Он установлен с правой (по ходу автомобиля) стороны опорной рамы и приводится во вращение от коробки отбора мощности автомобиля с помощью карданного вала и клиноременной передачи. Привод генератора включается из кабины автомобиля рычагом, имеющим два фиксированных положения. При перемещении рычага вперед (по ходу автомобиля при выжатом сцеплении и на нейтрали) происходит включение коробки отбора мощности, а после опускания сцепления генератор получает вращение.

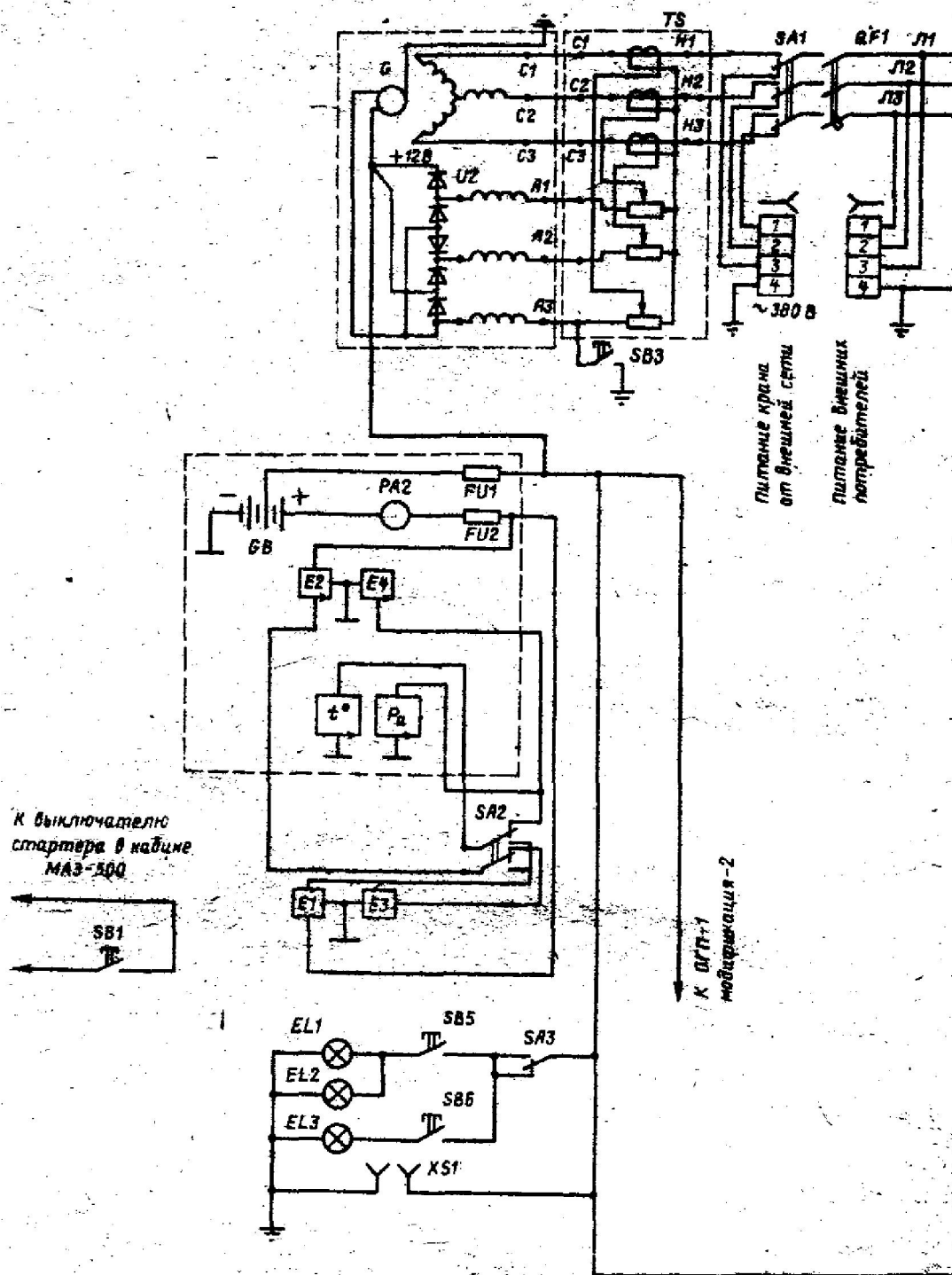
**Панель электроприводов.** В нее входят стабилизирующее устройство генератора ТS, автоматический выключатель QF1 защиты генератора или внешнего источника тока от перегрузок, пакетный переключатель SA1 для переключения источника питания электродвигателей крановой установки, зажимы для подключения внешней нагрузки к генератору.

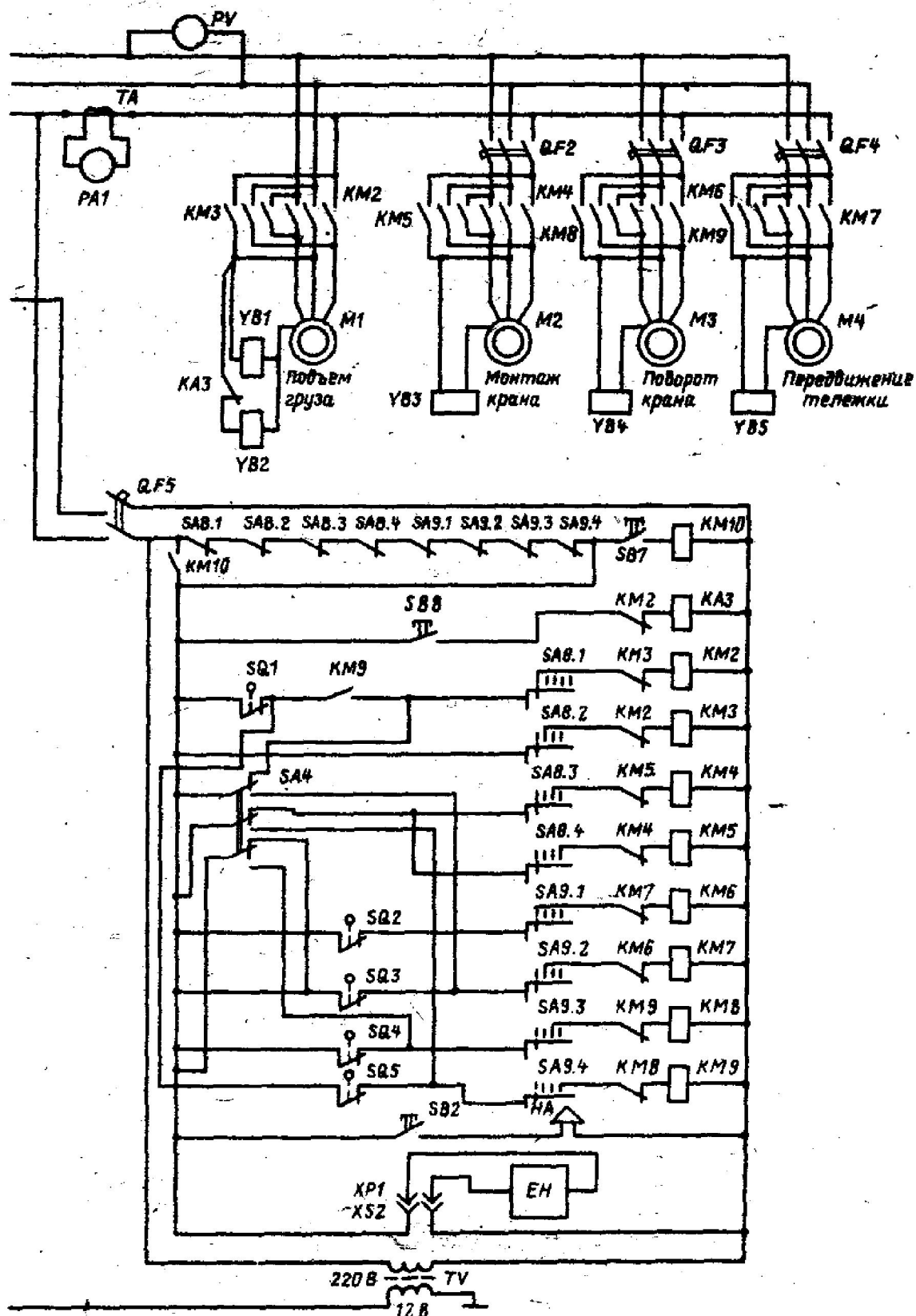
**Пульт управления** установлен в кабине машиниста и включает в себя верхнюю панель с расположенными на ней органами управления, сигнализации и контроля, панель автоматических выключателей и панель магнитных пускателей. В передней панели магнитных пускателей установлены зажимы, к которым подключаются кабели. Выход кабелей из кабины сделан в виде патрубков, объединенных на одном фланце, прикрепленном снаружи к обшивке кабины.

Правым крестовым переключателем производят следующие операции: при повороте рычага на себя включаются кнопка SA8.1 и пускатель КМ2 (см. рисунок 2) и происходит подъем груза; при повороте рычага от себя включаются кнопка SA8.2 и пускатель КМ3 и происходит опускание груза с номинальной скоростью.

Для замедления скорости опускания нажимается кнопка на рукоятке рычага. При этом включается реле КА3, а его контакт КА3 прекращает подачу тока в катушку YB2 тормоза планетарной муфты грузовой лебедки. Тормоз замыкается, включается в работу планетарный механизм, и спуск груза производится на замедленной скорости. При отклонении рычага влево включаются кнопка SA8.4 и пускатель КМ5 и происходит опускание монтажного подкоса. При отклонении рычага вправо выключаются кнопка SA8.3 и пускатель КМ4 и происходит подъем монтажного подкоса.

Левым крестовым переключателем производят следующие операции: при повороте рычага на себя включаются кнопка SA9.4 и пускатель КМ9 и происходит перемещение грузовой тележки в сторону уменьшения вылета (к себе); при повороте рычага от себя включаются кнопка





*G* - генератор синхронный ECC25-81-6M101, 25 кВт; *M1* - электродвигатель привода грузовой лебёдки AOC2-42-4, 7,5 кВт; *M2, M3* - электродвигатель привода монтажной лебёдки и поворота AOC2-31-6, 2 кВт; *M4* - электродвигатель привода грузовой тележки AOC2-22-6, 1,3 кВт; *QF1* -

выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 25 А; *QF2, QF3* - выключатели автоматические АП50-3МТ с расцепителем на 10 А; *QF4* - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 6,4 А; *QF5* - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 4 А; *KM2 – KM9* – пускатели магнитные ПА-311, ПА-313; *KM10* – линейный контактор КТП121Е; *KA3* – реле промежуточное ЭП41/60Б; *SQ1, SQ2- SQ5* – выключатели конечные ВПК-1111, ВУ250А; *YB1-YB3* - тормозные электромагниты МО-200Б; *YB4,YB5* - тормозные электромагниты МО-200Б; *SA1* - переключатель пакетный ПВ3-25; *SA2* - переключатель 2ПП-45М на 28 В 20 А; *SA3* - ПП-45М на 28 В 20 А; *SA4* – переключатель ТВ1 на 220 В, 5 А; *SB5* – переключатель ВН-497 на 28 В, 35 А; *SB6, SB7* – выключатели ТВ4-1 на 20 В, 5 А; *SA8.1 - SA8.4, SA9.1 – SA9.4* - переключатели крестовые КП-4-2; *ЕМ* – трансформатор понижающий ОСО-0,25, 220/12 В; *ТА* – трансформатор тока ТК-20; *SB3* - кнопка КУ-1; *HA* - сирена ЗВРП на 220 В; *SB2* – кнопка sireны; *XS1* - штепсельная розетка 47К на 12 В; *XP1* – штырь штепсельный розетки; *XS2* - штепсельная розетка на 250 В, 6 А; *EH* – электропечь ПТ-102 на 220 В, 1000 Вт; *KM9* – контакт ограничителя грузоподъемности; *SB1* – кнопка стартера; *t°* – датчик указателя температуры воды; *Pa* – датчик указателя давления масла; *E1 – E4* – указатели воды и масла; *FU1, FU2* – плавкие предохранители ПР-310; *PA1, PA2* - амперметры Э-421; *PV* - вольтметр Э421 0 – 450 В; *EL1, EL2* - фары ФГ-12Б; *EL3* – плафон ПК-20; *GB* - аккумуляторная батарея; *TS* – стабилизаторное устройство; *UZ* – выпрямитель; *SQ1 - SQ5* – конечные выключатели; остальное - контакты

***Рисунок 2 - Принципиальная схема электрооборудования  
специального автомобильного башенного крана АБКС-5***

*SA9.2* и пускатель *KM7* и происходит перемещение грузовой тележки в сторону увеличения вылета (от себя); при отклонении рычага вправо включаются кнопка *SA9.3* и магнитный пускатель *KM8* и происходит вращение крана вправо; при отклонении рычага влево включаются кнопка *SA9.1* и магнитный пускатель *KM6* и происходит вращение крановой установки влево.

Конструкция крестового переключателя не позволяет производить совмещение двух операций, поэтому в работе невозможно совместить поворот крана с передвижением грузовой тележки. Однако допустимо совмещение двух любых других рабочих движений: подъем груза и поворот крана, подъем груза и перемещение грузовой тележки.

**Электродвигатели и тормоза.** На кране применены асинхронные короткозамкнутые электродвигатели повышенного скольжения единой серии АОСА. Скорость рабочих движений, кроме спуска груза, ввиду их относительно невысоких значений не регулируется. Для плавного разгона механизма поворота на быстроходном валу редуктора заодно с соединительной муфтой установлен маховик.

Все тормоза на механизмах крана колодочные типа ТКТ с электромагнитами переменного тока МО-100Б и МО-200Б.

**Силовая цепь.** Питание крановой установки при работе от генератора происходит через фазы Н1, Н2, Н3 (см. рисеујг 2), при этом пакетный переключатель *SA1* в силовом шкафу устанавливается в положение "Генератор". Автоматический выключатель *QF1* служит для защиты генератора от перегрузки и токов короткого замыкания. В таком положении переключателя возможна отдача электроэнергии на сторону при мощности потребителя до 7 кВт (при неработающем кране). В случае питания крановой установки от внешнего источника электроэнергии напряжением 380 В пакетный переключатель устанавливается в положение "Внешний источник электроэнергии". Линейный контактор *KM10* служит для аварийного отключения силовой цепи.

Пуск электродвигателей и их реверсирование осуществляются реверсивными магнитными пускателями КМ10-КМ2, КМ3-КМ4, КМ5-КМ6, КМ8-КМ9. Защита электродвигателей М2, М3 и М4 производится автоматическими выключателями QF2, QF3 и QF4. Защита электродвигателя М1 осуществляется автоматическим выключателем QF1 в связи с тем, что ток электродвигателя М1 определяет суммарный ток генератора.

Катушки тормозов на напряжение 220 В подключены к фазе и нулевой точке статора соответствующих электродвигателей. В цепи катушки YB2 установлен размыкающий контакт реле КА3.

Питание цепей управления переменного тока напряжением 220 В осуществляется от фазы ЛЗ и нулевого провода. Защита цепей управления производится автоматическим выключателем QF5.

Цепь нулевой защиты состоит из восьми последовательно соединенных размыкающих контактов SA8.1-SA8.4 и SA9.1-SA9.4 кнопок крестовых переключателей, аварийного выключателя SB7, катушки линейного контактора КМ 10 и замыкающего вспомогательного контакта КМ10.

Реверсивные магнитные пускатели заблокированы своими размыкающими вспомогательными контактами, защищающими от короткого замыкания в магнитных пускателях в случае залипания одного из них. Цепи управления электродвигателем монтажной лебедки имеют переключатель SA4, предохраняющий от случайного включения лебедки при работе крана. Этим же выключателем блокируются во время монтажа конечный выключатель SQ1 ограничителя ОПП-1 и конечный выключатель SQ4 ограничителя крайнего переднего положения грузовой тележки.

К цепи управления подключены также звуковой сигнал крана, нагревательная печь и понижающий трансформатор.

**Цепи освещения** на кране выполнены на напряжение 12 В постоянного или переменного тока. Род тока зависит от источника питания крановой установки. При питании крана от собственного генератора используется постоянный ток от бортовой сети автомобиля, при питании от внешнего источника — переменный ток от понижающего трансформатора TV. Цепи освещения переключаются переключателем SA6. Они состоят из цепей двух автомобильных фар, установленных на стреле крана, и плафона в кабине машиниста.

**Ограничитель грузоподъемности ОПП-1** служит для предотвращения перегрузки и состоит из датчика усилия, датчика угла, релейного блока и панели сигнализации. Питание ограничителя осуществляется постоянным током напряжением 12 В от аккумуляторной батареи автомобиля МАЗ-500. Датчик усилий установлен на поворотной платформе, он связан с монтажной тягой грузового каната, и его потенциометр изменяет свое сопротивление в зависимости от напряжения грузового каната. Этот же выключатель ограничивает движения грузового каната. Датчик угла связан с кулачковым валом конечного выключателя ВУ-250А, приводной вал которого получает вращение с помощью цепной передачи от барабана лебедки передвижения грузовой тележки. Таким образом, потенциометр датчика угла изменяет сопротивление в зависимости от положения грузовой тележки на стреле. Релейный блок и панель сигнализации установлены в кабине машиниста. Кран имеет также ограничитель высоты подъема крюка (конечный выключатель SQ1 в цепях пускателей подъема груза КМ2 и передвижения грузовой лебедки на себя КМ9). Ограничитель срабатывает при касании крюковой обоймой груза выключателя и ослаблении натяжения вспомогательного троса, связанного рычагом конечного выключателя SQ1. Этот же выключатель ограничивает

движение грузовой тележки на себя при перемещении ее по поднятой стреле, так как траектория движения груза горизонтальная и при высоко поднятом крюке и движении на себя крюковая обойма может упереться в тележку.

Вращение поворотной части крана в пределах трех оборотов ограничивает ограничитель поворота (конечные выключатели SQ2 и SQ3 в цепях катушек магнитных пускателей КМ6 и КМТ). Он представляет собой шпиндельный конечный выключатель ВУ-250А, приводной вал которого связан через зубчатую передачу с неподвижным зубчатым венцом опорно-поворотного круга. Крайние положения грузовой тележки на стреле ограничиваются конечными выключателями SQ4 и

SQ5. Ограничитель представляет собой конечный выключатель ВУ-250А с валом, получающим вращение от барабана лебедки передвижения грузовой лебедки.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**  
**ИБТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра «Электроэнергетика»**

### ЗАДАНИЕ

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 3: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автомобильного крана АБКС-5А”.**

2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**3. Исходные данные для проектирования.**

3.1. Источник электроэнергии — синхронный дизель-генератор, 25 кВт, 400 В или посторонний источник трёхфазного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц с глухозаземлённой нейтралью.

3.2. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.

3.2.1. Электродвигатель привода насосной станции — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 112-6,  $P_H = 5$  кВт,  $n_H = 895$  об/мин,  $I_{H.C.} = 13,8$  А,  $\cos \varphi_H = 0,74$ ,  $\eta_H = 0,74$ ,  $M_{max} = 172$  Н·м,  $M_{II} = 172$  Н·м,  $I_{II} = 53$  А,  $J = 0,065$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.2. Электродвигатель подъёма груза — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 211-6,  $P_H = 7,5$  кВт, 220/380 В,  $n_H = 930$  об/мин,  $I_{H.C.} = 21,3$  А,  $\cos \varphi_H = 0,7$ ,  $\eta_H = 0,77$ ,  $I_{H.P.} = 19,8$  А,  $U_P = 256$  В,  $M_{max} = 196$  Н·м,  $J_P = 0,115$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.3. Электродвигатель поворота крана — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 012-6,  $P_H = 2,2$  кВт, 220/380 В,  $n_H = 890$  об/мин,  $I_{H.C.} = 76$  А,  $\cos \varphi_H = 0,68$ ,  $\eta_H = 0,645$ ,  $I_{H.P.} = 11$  А,  $U_P = 144$  В,  $M_{max} = 56$  Н·м,  $J_P = 0,029$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.4. Электродвигатель монтажной лебёдки — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКН 112-6,  $P_H = 4,5$  кВт,  $n_H = 900$  об/мин,  $I_{H.C.} = 12,7$  А,  $\cos \varphi_H = 0,75$ ,  $\eta_H = 0,715$ ,  $M_{max} = 155$  Н·м,  $M_{II} = 154$  Н·м,  $I_{II} = 50$  А,  $J = 0,065$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.5. Электродвигатель грузовой тележки — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт,  $n_H = 875$  об/мин,  $I_{H.C.} = 5,2$  А,  $\cos \varphi_H = 0,66$ ,  $\eta_H = 0,615$ ,  $M_{max} = 41$  Н·м,  $M_{II} = 41$  Н·м,  $I_{II} = 15$  А,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.

3.2.6. Электродвигатель электрогидравлического толкателя МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт.

3.3. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.

3.4. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита.

3.5. Окружающая среда — нормальная.

**4. Содержание пояснительной записки.**

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.6. Заключение.

4.7. Литература.

**5. Перечень графического материала:** общий вид автокрана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В. С. Косырихин

доцент, \_\_\_\_\_ (подпись, дата)

канд. техн. наук

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_  
 (подпись) (дата)

### 1.3 Электропривод крана АБКС-5А

Основным назначением крана АБКС-5А являются производство строительно-монтажных работ в условиях сельского строительства. При необходимости допускается использование крана на погрузочно-разгрузочных работах. Передвижение крана в транспортном положении может производиться только по дорогам, рассчитанным на осевую нагрузку автомобилей 10 тс (100 кН).

**Электрооборудование крана** (рисунок 3) обеспечивает работу и управление механизмами подъема груза, поворота крана и передвижение грузовой тележки, а также монтаж крана с помощью монтажной и грузовой лебедок и включение насосной станции.

В качестве источника электроэнергии для питания электродвигателей автокрана применен синхронный генератор с приводом от двигателя базового шасси МАЗ-500А. Кроме того, предусмотрена возможность питания от постороннего источника трехфазного тока напряжением 380 В, частотой

50 Гц с глухо заземлённой нейтралью при помощи кабеля длиной 50 м, входящего в состав принадлежностей крана.

Привод рабочих механизмов крана индивидуальный с возможностью как раздельной работы механизмов, так и совмещения некоторых рабочих движений. Для работы в темное время суток кран имеет освещение.

Электроосветительная и сигнальная аппаратура питается от бортовой сети автомобиля постоянным током напряжением 12 В. При питании электрооборудования крана от постороннего источника тока электроосветительные приборы питаются переменным током от понижающего трансформатора, а ограничитель грузоподъемности - постоянным током от специального выпрямительного устройства.

Схема предусматривает возможность использования генератора крана в качестве источника внешней нагрузки суммарной мощностью не более 10 кВт.

Электрооборудование крана состоит из следующих основных узлов: генератор, силовой шкаф, пульт управления, электродвигатели и тормоза, приборы освещения и сигнализации, приборы безопасности.

**Г е н е р а т о р** установлен с правой (по ходу автомобиля) стороны опорной рамы и приводится во вращение от коробки отбора мощности автомобиля с помощью карданного вала и клиноременной передачи...

**В с и л о в о м ш к а ф у** размещаются стабилизирующее устройство генератора, автоматический выключатель защиты генератора внешнего источника тока от перегрузок, пакетный выключатель переключения источника питания электродвигателей крановой установки, зажимы для подключения внешней нагрузки к генератору, автоматический выключатель защиты и включения насосной станции системы гидропривода опор. Пульт управления установлен в кабине машиниста и включает основной пульт (установленный справа от машиниста) и вспомогательный (установленный слева).

Основной пульт управления имеет верхнюю панель с размещенными на ней органами управления и контроля, релейную панель с аппаратами защиты и коммутации и левую дверцу с размещенными на ней органами контроля и управления. Вспомогательный пульт имеет верхнюю панель с размещенными на ней приборами контроля

и управления. На релейной панели основного пульта установлены зажимы, к которым подключаются кабели внешних цепей.

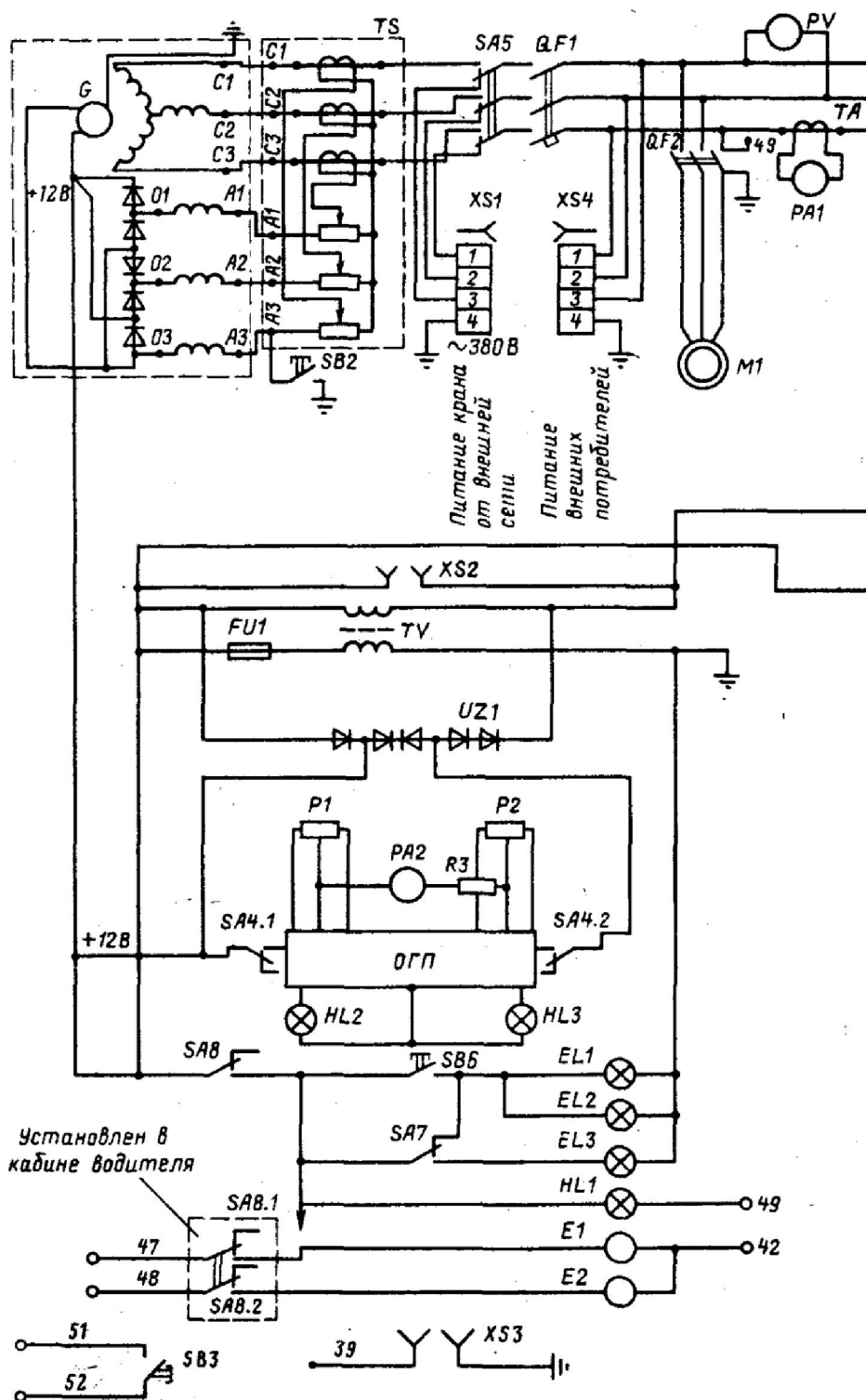
Выход кабелей из кабины выполнен в виде патрубков, объединенных на одном фланце, прикрепленном снаружи к обшивке кабины. При необходимости демонтировать кабину с крана для перевозки его по железной дороге отключаются кабели от кабельных зажимов и снимаются болты, крепящие фланец к кабине.

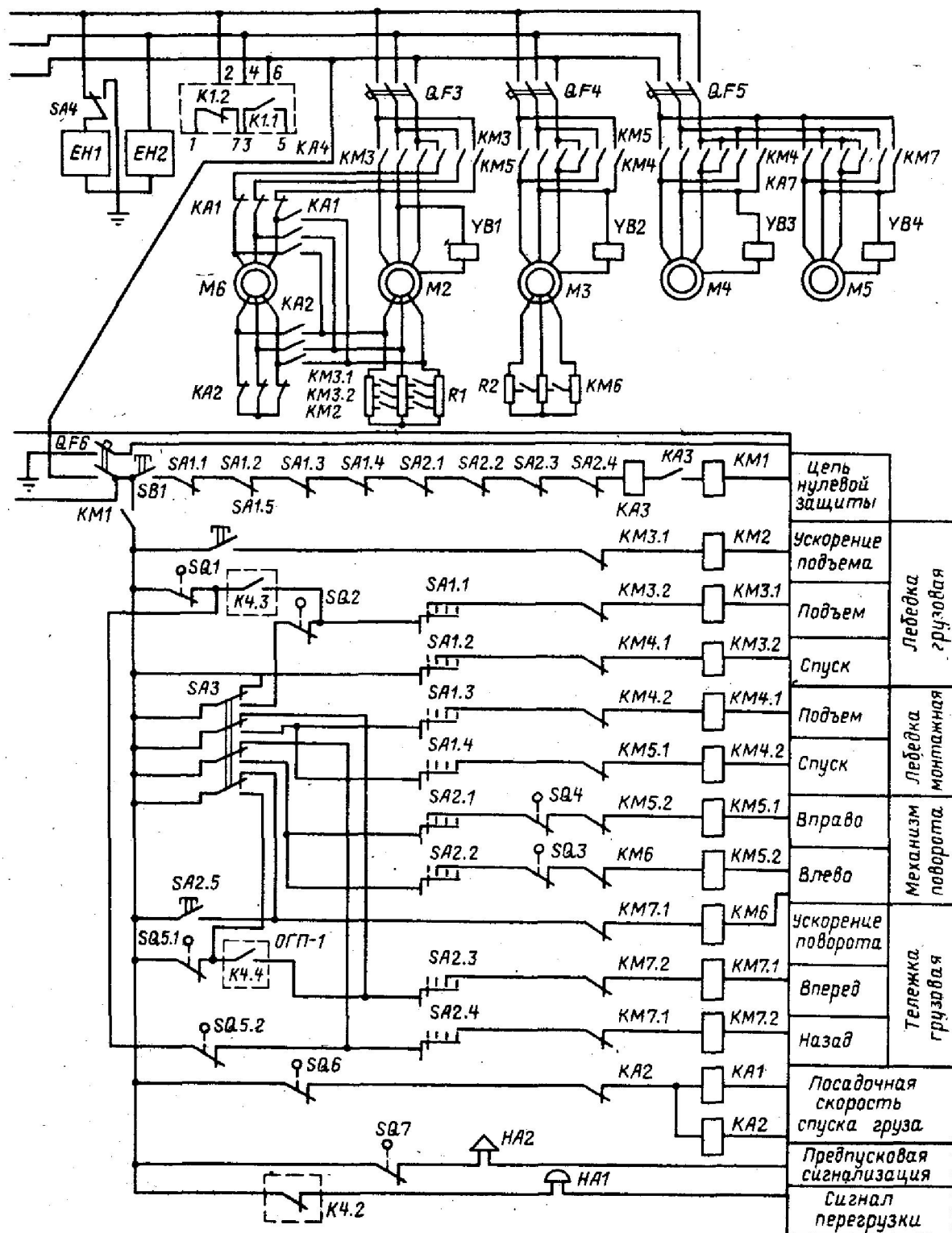
Правым крестовым переключателем (верхняя панель основного пульта) производится управление грузовой и монтажной лебедками. При повороте рукоятки переключателя на себя происходит подъем груза на первой ступени ускорения. Увеличение скорости подъема производится нажатием кнопки ускорения подъема (на том же пульте) на рукоятке переключателя. При повороте рукоятки от себя с одновременным нажатием кнопки ускорения происходит спуск груза на нормальной скорости. Включение посадочной скорости при спуске производится нажатием на правую панель, без остановки двигателя, кнопку ускорения подъема после нажатия на панель можно отпустить. Остановка движения-подъема и спуска на любых скоростях производится возвращением рычага переключателя в среднее (исходное) положение. Поворотом рукоятки правого переключателя вправо производится подъем подкоса — при монтаже крана, поворотом влево — опускание подкоса. При работе крана цепи управления подъемом-опусканием подкоса разомкнуты от случайного включения переключателем "Монтаж - работы".

Левым крестовым переключателем верхней панели вспомогательного пульта производится поворот крана и перемещение грузовой тележки. При повороте рукоятки переключателя влево производится поворот крана влево, при повороте вправо - поворот крана вправо. Увеличение скорости поворота при движении в любую сторону производится нажатием на кнопку ускорения поворота (верхняя панель вспомогательного). При повороте ручки на себя производится перемещение грузовой тележки в сторону уменьшения вылета (к себе), при повороте рукоятки от себя - перемещение грузовой тележки в сторону увеличения вылета (от себя).

Конструкция крестового переключателя не позволяет производить совмещение двух операций, поэтому при работе крана невозможно совмещение поворота с передвижением грузовой тележки. При работе допустимо совмещение подъема-опускания груза с поворотом крана или с передвижением грузовой тележки.

**Электродвигатели и тормоза.** На кране применены асинхронные электродвигатели повышенного скольжения серии АОС и электродвигатели с фазным ротором серии МТФ.





G - генератор синхронный ЕСС5-81-6М101, 25 кВт; M1 - электродвигатель привода насосной станции АОС2-41-4, 5,2 кВт, 380 В; M2 - электродвигатель подъема груза МТ-211-6, 7,5 кВт, 220/380 В; M3 - электродвигатель поворота крана МТФ-012-6, 2,2 кВт, 220/380 В; M4 - электродвигатель монтажной лебедки 380 В; АОС2-41-6, 4 кВт; M5 - электродвигатель грузовой тележки АОС2-22-6, 1,3 кВт, 380 В; M6 - электродвигатель электрогидравлического толкателя ТЭГ-25 (входит комплект тормоза ТКТГ-200М); QF1 - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 40 А; QF2 - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 6 А; QF3 - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 25 А; QF4 и QF5 - выключатели автоматические АП50-3МТ с расцепителем на 10 А; QF6 - выключатель автоматический АП50-2МТ с расцепителем на

4 А; *KM1, KM2, KM6* - пускателя магнитные ПМЕ-211, катушка 220 В; *KM3.1, KM3.2, KM4.1, KM4.2, KM5.1, KM5.2, KM7.1, KM7.2* - пускателя магнитные ПМЕ-213, катушка 220 В; *KA1, KA2* – реле; *KA4* – реле обрыва фаз Е-511; *SQ1, SQ2, SQ6, SQ7* - выключатели конечные ВПК-2110; 804, 503, 505.1, 505.2 - выключатели конечные ВУ-250А; *YB1, YB3* - тормозные электромагниты МО-200Б, катушка на 220 В; *YB2, YB4* – тормозные электромагниты МО-200Б, катушка на 220 В; *SA4* -переключатель ПЕ-032, исп. 1; *SA5* - переключатель ПКП-63-12-73; *SA1.1...SA1.4, SA2.1...SA2.4* - переключатели крестовые КП-4-2; *SA3* - переключатель ПЕ-022, исп. 2; *SA4.1, SA4.2, SA8.1, SA8.2* - переключатели ТВ1-1; *SB1* - кнопка управления КЕ-022, исп. 5, грибовидный толкатель красного цвета; *SB2, SB3* - кнопки управления КЕ-011, исп. 19, толкатель черного цвета; *TS* - стабилизатор напряжения (комплектная поставка генератора ЕСС5); *TV* - трансформатор понижающий ОСО-0,25, 220/12 В; *TA* - трансформатор тока, ТК-20; *HA1* - звонок громкого боя МЗ-1 на 220 В; *HA2* - сирена электрическая ЗВГЛ на 220 В; *PA1* - амперметр Э-421; *PV* - вольтметр Э-421,0-450 В; *EH1, EH2* - электропечи ПТ-102 на 220 В, 1000 Вт; *UZ1* - выпрямитель селеновый СВ-12-3; *PA2* - миллиамперметр М-4200; ОГП -ограничитель грузоподъемности крана ОГП-1, модификация 2; *FU1* - предохранитель, плавкая вставка ВТФ6 на 6 А; *FU2* — предохранитель, плавкая вставка ВТФ10 на 10 А (в кабине автомобиля МА3-500); *XS1, XS4* — штепсельные разъемы; *XS2, XS3* - штепсельные розетки 47К на 12 В; *R1* - резистор пускорегулирующий НФ-22А, кат. №2ТД.750.021.03; *R2* - резистор пускорегулирующий НФ-11А, кат.№2ТД.750.020.01; *HL1* - лампа сигнальная АС-0; *EL, EL2* - фары ФГ-12-Б1; *EL3* - плафон освещения ПК-201-А; *HL2, HL3* - лампа сигнальная М-13,5-0,16; *E1* - указатель температуры воды УК-102; *E2* - указатель давления масла УК-144; *PC* - счетчик моточасов 563 4П-М (в кабине автомобиля МА3-500); *R3* - резистор *МПТ-0,5-11К*; *P1* -датчик усилия; *P2* - датчик угла; остальное – контакты.

### **Рисунок 1.3 - Принципиальная схема электрооборудования автомобильного крана АБКС-5А**

Электродвигатели М1 привода насосной станции, М4 монтажной лебедки и М5 грузовой тележки типа АОС2. Электродвигатели М2 типа МТР-211-6 (для подъема груза) и МЗ типа МТР-012-6 (для поворота крана) с фазным ротором для регулирования скоростей подъема-опускания и поворота крана.

На монтажной лебедке, механизме поворота и тележечной лебедке крана установлены колодочные тормоза типа ТКТ с коротко ходовыми электромагнитами типа МО.

На грузовой лебедке установлены два тормоза. Один из тормозов -ТКТ-200 с коротко ходовым электромагнитом МО-200Б - является стопорным и предназначен для удержания груза в поднятом положении. Другой тормоз - ТКТГ-200М с электрогидравлическим толкателем - предназначен для обеспечения посадочной скорости при спуске грузов.

Посадочная скорость обеспечивается следующим образом. При номинальной скорости спуска обмотки электродвигателя гидротолкателя соединены в звезду и питаются от статора электродвигателя лебедки. При нажатии на панель включения посадочной скорости включаются два промежуточных реле, контакты которых переключают питание электродвигателя гидротолкателя со статора основного электродвигателя на его ротор, а также переключают обмотки электродвигателя гидротолкателя со звезды на треугольник, так как напряжение на статоре основного электродвигателя 380 В, а напряжение между кольцами ротора близко к 220 В.

В первый момент после включения посадочной скорости частота вращения ротора равна номинальной, при этом частота тока близка к нулю. Электродвигатель

гидротолкателя в этот момент останавливается, поршень гидротолкателя опускается, а колодки тормоза замыкаются. Основной электродвигатель при замыкании колодок тормоза уменьшает частоту вращения (или даже останавливается), при этом частота тока в его роторе возрастает почти до 50 Гц.

Электродвигатель гидротолкателя начинает вращаться, поршень поднимается, и гидротолкатель размыкает тормоз, что приводит к разгону основного электродвигателя. При разгоне последнего частота тока ротора падает, что вызывает следующую остановку электродвигателя толкателя и торможение основного электродвигателя, и т. д. Таким образом, образуется система, в которой после нескольких колебаний частоты вращения основного электродвигателя устанавливается некоторая постоянная частота вращения, зависящая только от мощности основного электродвигателя, напряжения между кольцами его ротора, установленной ступени пускорегулирующих сопротивлений, тормозного момента тормоза и почти не зависящая от массы опускаемого груза. Регулировка посадочной скорости опускания достигается изменением тормозного момента путем изменения длины замыкающей пружины тормоза.,

**Силовая цепь.** Питание крановой установки осуществляется либо от синхронного генератора трехфазного тока крана, либо от постороннего источника. Генератор приводится во вращение базовым двигателем автошасси.

При вращении генератора с номинальной частотой вращения без нагрузки (холостой ход) остаточный магнитный поток ротора индуцирует небольшую электродвижущую силу (ЭДС) в основной и дополнительной обмотках статора генератора. При этом ЭДС в дополнительной обмотке, значительно меньше ЭДС в основной обмотке и недостаточна для возбуждения генератора. Для возбуждения генератора необходимо кратковременно подать напряжение 12 В на обмотку ротора кнопкой SB2. При включении нагрузки по основной обмотке статора пойдет ток, который создаст в генераторе намагничивающую силу статора, направленную навстречу намагничивающей силе, образованной обмоткой ротора.

С целью компенсации размагничивающего действия магнитного потока статора и сохранения напряжения генератора на выходе установлен компенсирующий стабилизатор, который автоматически поддерживает выходное значение напряжения генератора с точностью  $\pm 5\%$ .

Переключатель SA5 обеспечивает включение нагрузки на питание генератора либо на питание от внешнего источника тока. Автоматический выключатель QF1 защищает генератор от перегрузки и токов короткого замыкания.

Все цепи крановых электродвигателей защищены автоматическими выключателями QF2, QF3, QF4 и QF5 и линейным контактором, обеспечивающим нулевую защиту и исключающим самозапуск механизмов крана после включения силовой цепи автоматическим выключателем.

Для контроля обрыва фаз применено реле КА типа Е-511, контролирующее наличие напряжения на всех фазах силовой цепи..

**Цепи управления, защиты и блокировки.** Питание цепей управления осуществляется напряжением 220 В от фазы и нулевого провода через автоматический выключатель QF6.

Включение и выключение силовой цепи с места управления краном производятся линейным контактором KM1 с помощью кнопок SB2 и SB1, находящихся на левой

дверце основного пульта. Нулевая защита производится последовательно соединенными контактами SA1.1, SA1.2, SA1.3, SA1.4 и SA2.1, SA2.2, SA2.3, SA2.4 крестовых переключателей SA1.1, SA2.1, включенных в цепь катушки линейного контактора KM1. Нулевая защита исключает самопроизвольный запуск механизмов крана и обеспечивает включение линейного контактора KM1 только при среднем (нулевом) положении рукояток крестовых переключателей. В эту цепь включен контакт K1.2 реле обрыва фаз КА4.

Управление электродвигателями механизмов крана производится двумя крестовыми переключателями: SA1.1, SA2.1. Включение грузовой лебедки на подъем производится пускателем KM3. 1. В цепи катушки пускателя установлены конечный выключатель SQ1 ограничителя высоты подъема крюка и контакт K4.3 ограничителя грузоподъемности ОПП-1.

Переключателем SA3 производится коммутация цепей управления краном при монтаже и работе. В положении переключателя "Монтаж" замкнуты контакты SA3, шунтирующие конечный выключатель SQ1, включающий цепи управления монтажной лебедкой, и SA3, шунтирующие конечный выключатель SQ5.1, SQ5.2 в цепи управления движения тележки вперед.

В положении выключателя "Работа" замкнут контакт переключателя SA3 в цепи управления механизмом поворота. Указанные блокировки обеспечивают монтаж крана и исключают работу краном в положении переключателя "Монтаж".

Реверсивные магнитные пускатели KM5.1, KM5.2, KM3.1, KM3.2 и KM7.1, KM7.2 заблокированы своими размыкающими контактами, защищающими от короткого замыкания в случае залипания одного из пускателей. Конечный выключатель SQ2 размыкается при установке колонны в гнездо поворотной платформы и исключает случайную работу грузовой лебедки без ограничителя грузоподъемности.

Цепь управления пускателей KM7.1 и KM7.2 заведены через конечный выключатель SQ2. Срабатывание ограничителя грузоподъемности может произойти как при подъеме груза, превышающего номинальный, так и при передвижении грузовой тележки с грузом в сторону увеличения вылета, поэтому в цепи пускателей KM7.1 и KM7.2 установлен контакт K4.4 ограничителя грузоподъемности ОПП-1. Ограничение движения тележки в ту или другую сторону производится конечными выключателями SQ5.1, SQ5.2.

Ограничение вращения поворотной части в пределах трех оборотов производится конечными выключателями SQ3.

Защита электродвигателей крана от перегрузки производится автоматическими выключателями QF 2, QF3, QF4, QF5. Выключатель QF2 привода насосной станции служит также для пуска электродвигателя M1.

**Цепи освещения и сигнализации.** Питание цепей освещения при работе от генератора производится от одной из аккумуляторных батарей базового автошасси МАЗ 500 напряжением 12 В постоянного тока

При работе от внешней сети, когда двигатель автошасси не работает и подзарядки аккумуляторной батареи нет, цепи освещения питаются переменным током напряжением 12 В от понижающего трансформатора TV. Переключение рода питания цепей освещения производится переключателем SA 7.

Питание ограничителя грузоподъемности в первом случае производится также от аккумуляторной батареи, а во втором — от специального выпрямительного устрой-

ства UZ1. Переключение рода питания ограничителя производится переключателем SA6. Переключателем SA8.1-SA8.2 производится переключение указателей температура воды и давления масла из кабины автомобиля на кабину крана.

Сигнальная лампа HL1 служит индикатором включения насосной станции. При работе крана насосная станция должна быть отключена, при этом сигнальная лампа должна погаснуть.

При транспортировке крана на оголовок стрелы и буксир расчала навешиваются габаритные фонари соответственно белого и красного цвета, которые подключаются к штепсельной розетке внешних световых приборов прицепа.

**Приборы безопасности.** На кране установлены следующие приборы безопасности: ограничитель грузоподъемности, ограничитель высоты подъема крюка, ограничитель крайних положений грузовой тележки, ограничитель поворота, ограничитель монтажа колонны, креномер, указатель высоты крюка и грузоподъемности, реле обрыва фаз.

Ограничитель грузоподъемности типа ОГП-1 модификации 2 предназначен для предотвращения перегрузки крана. Он состоит из датчика усилий, датчика угла, релейного блока и панели сигнализации.

Датчик усилий установлен на поворотной платформе крана. Он связан с монтажной тягой грузового каната, и его потенциометр изменяет свое сопротивление в зависимости от напряжения в грузовом канате, т. е. от массы поднимаемого груза.

Датчик угла установлен в корне стрелы и связан с кулачковым валом конечного выключателя ВУ-250А, приводной вал которого получает вращение с помощью цепной передачи от барабана тележечной лебедки. Таким образом, потенциометр датчика угла изменяет свое сопротивление в зависимости от положения грузовой лебедки на стреле.

Релейный блок расположен в кабине крана на первой ее стенке, а приборы панели сигнализации - на верхней панели вспомогательного пульта.

Ограничитель высоты подъема крюка установлен в корне стрелы на поперечной нижней панели. Он состоит из конечного выключателя, двухплечевого рычага, натяжной пружины и троса, протянутого под стрелой и проходящего сквозь щель в нажимном рычаге между блоками грузовой тележки. В рабочем положении трос ограничителя натянут натяжной пружиной. При подходе крюковой подвески к грузовой тележке скоба подвески упирается в поворотный рычаг, воздействуя через систему тяг и рычагов на трос ограничителя. При вытягивании троса двухплечевой рычаг отходит от нажимного элемента конечного выключателя, срабатывание которого приводит к остановке движения.

Ограничитель крайних положений грузовой тележки представляет собой шпиндельный конечный выключатель ВУ-250А, связанный цепной передачей с барабаном тележечной лебедки.

Ограничитель поворота представляет собой конечный выключатель ВУ-250А, приводной вал которого получает вращение через зубчатую передачу от неподвижного венца поворотной опоры. Ограничитель поворота настроен на срабатывание после 1,5 оборотов в любую сторону от среднего положения, при котором жгут электрических кабелей, проходящих с опорной рамы на поворотную платформу, не закручен.

Ограничитель монтажа колонны предназначен для коммутации цепей управления во время монтажа и работы крана. Он установлен на одном из гнезд поворотной платформы и срабатывает при посадке в них оси колонны.

Креномер, установленный в кабине крана, предназначен для контроля наклона крана в процессе эксплуатации. Он состоит из герметической стеклянной запаянной ампулы со шкалой на ее дне и воздушного пузыря, занимающего при горизонтальной установке крана центральное положение. Ампула заключена в металлический корпус с подстроечными винтами для выверки уровня при установке креномера. Кроме того, на задней балке, опорной рамы установлен еще один креномер, представляющий собой отвес и кольцевую шкалу с окружностями, соответствующими 1,5 и 3° наклона крана. Этот креномер предназначен для контроля уровня при установке крана на гидрофицированные выносные опоры.

Указатель вылета крюка и грузоподъемности представляет собой надписи с указанием вылета и наибольшей грузоподъемности, прикрепляемые к нижней панели стрелы. Допустимая грузоподъемность определяется положением грузовой тележки на стреле.

Приводы управления предназначены для изменения оборотов и остановки двигателя автошасси из кабины машиниста. Управление производится рычагом, установленным на кронштейне слева от сиденья крановщика. Увеличение частоты вращения двигателя производится поворотом рычага вниз, уменьшение — вверх. При дальнейшем повороте рычага вверх двигатель останавливается. Приводы управления состоят из рычажной системы, установленной на поворотной платформе, тяги, установленной по оси вращения крана, и трособлочной системы на неповоротной части крана. Конец одного троса закреплен на тяге топливоподачи двигателя, конец другого троса — на скобе остановки двигателя, тросы снабжены возвратными пружинами и устройствами для регулировки их длины.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТулГУ»**  
**ИВТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра “Электроэнергетика”**

**ЗАДАНИЕ**

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 4: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода автокрана крана 8Т 210”.**
2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.
3. **Исходные данные для проектирования.**
  - 3.1. Источник питания — синхронный генератор 25 кВт, 400 В, 36 А.
  - 3.2. Род тока — переменный трёхфазный, 380 В, 50 Гц.
  - 3.3. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.
    - 3.3.1. Электродвигатели грузовой и стреловой лебёдок — асинхронный с фазным ротором типа МТН 211-6,  $P_H = 7$  кВт, ПВ=40 %, 380 В.
    - 3.3.2. Электродвигатель механизма вращения — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 012-6,  $P_H = 2,2$  кВт, ПВ=40 %, 380 В.
    - 3.3.3. Электродвигатели тормоза — асинхронные с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт, 380 В.
  - 3.4. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.
  - 3.5. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка.
  - 3.6. Окружающая среда — нормальная.
  - 3.7. Система управления — магнитный контроллер.
  - 3.8. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 2,5:1.
4. **Содержание пояснительной записки.**
  - 4.1. Введение.
  - 4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.
  - 4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.
  - 4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.
  - 4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.
  - 4.6. Заключение.
  - 4.7. Литература.
5. **Перечень графического материала:** общий вид автокрана с расположением электрооборудования. Кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
 доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_  
 (подпись) (дата)

## 1.4 Электропривод крана 8Т210

Автомобильный кран 8Т210 предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных работ со специальными крупногабаритными штучными грузами, но может быть также использован для выполнения строительно-монтажных работ.

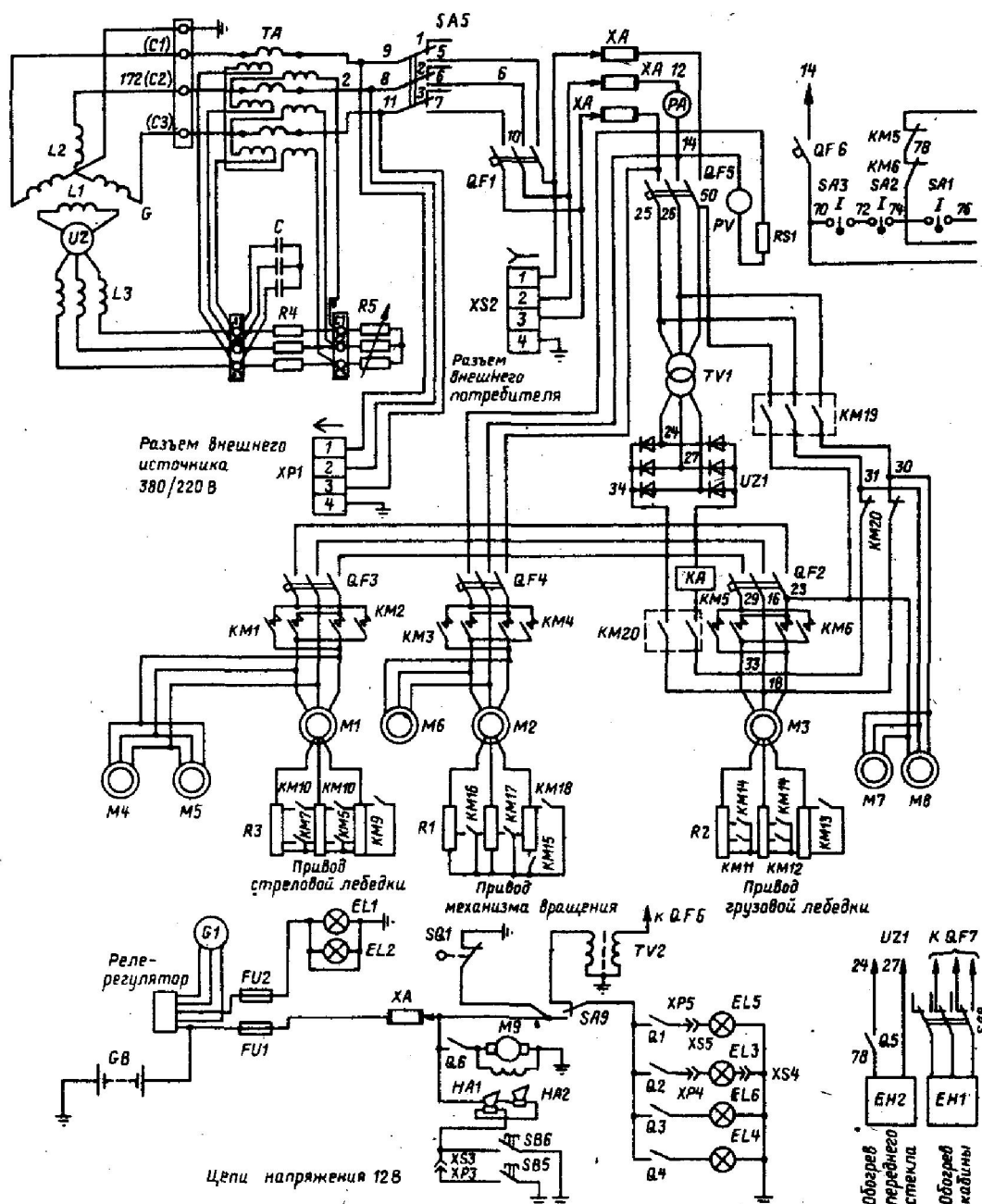
Он смонтирован на шасси автомобиля "Урал-375" и может выполнять следующие операции: подъем и опускание груза и стрелы, вращение поворотной платформы на 270 или 360° (в зависимости от вылета стрелы и габарита груза).

**Электрооборудование автокрана** (рисунок 4) состоит из следующих основных узлов: генератор со стабилизирующим устройством, электродвигатели с пускорегулирующими сопротивлениями, силовой шкаф, кольцевой токосъемник, трансформатор, блок селеновых выпрямителей, пульт управления, аппаратура дистанционного управления, приборы освещения и сигнализации, приборы безопасности.

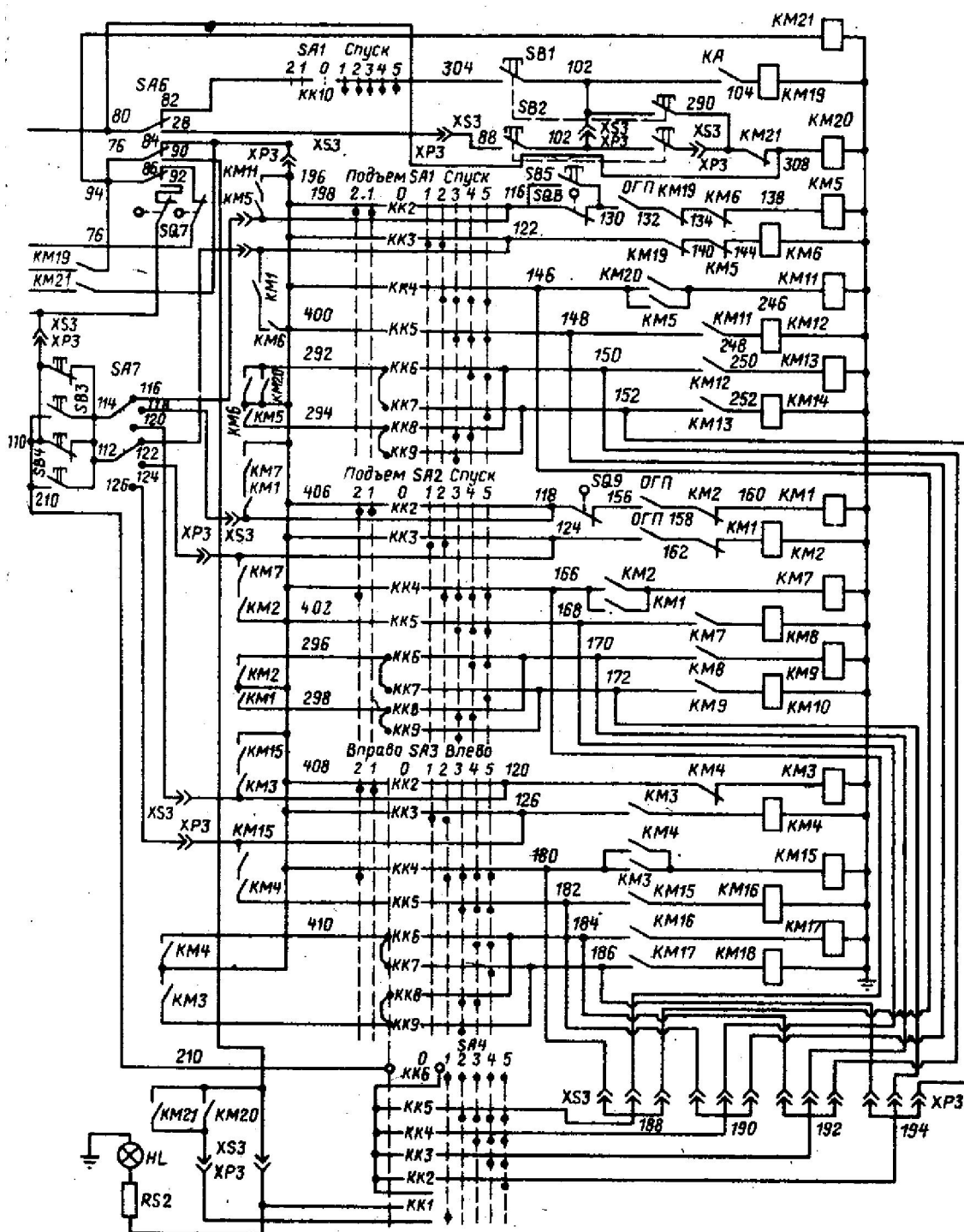
Силовые цепи электрооборудования автомобильного крана питаются напряжением 380 В, а цепи управления — напряжением 220 В. Пуск, остановка, реверс, регулирование частоты вращения электродвигателей осуществляются магнитными контроллерами. В этих контроллерах все переключения производятся магнитными пускателями. Пускателями управляет машинист с помощью командоконтроллеров. Схемой предусмотрена возможность опускания груза на пониженной скорости при работе электродвигателя грузовой лебедки в режиме динамического торможения.

**Работа автомобильного крана от собственного генератора.** Переключатель SA5 в силовом шкафу устанавливается в положение 1, замыкаются контакты 1-9, 2-8, 3-11. Включается автоматический выключатель QF1. Цепи питания автомобильной крановой установки от генератора подготовлены. Для подготовки силовых цепей включаются автоматические выключатели QF2, QF3, QF4, QF5.

Далее выполняются работы: заворачивается крышка штепсельного разъема XS3, XP3 дистанционного управления, при этом контакты с маркировкой 84-198 в цепи управления замыкаются, переключатель SA6 устанавливается в положение "Кабина", соответствующее замкнутым контактам 86-94, 76-84, 80-82, включается ограничитель грузоподъемности, контакты - ОГП в цепях пускателей KM5, KM1, KM2 замыкаются, нажимается педаль аварийного контакта, при этом срабатывает конечный выключатель SQ7, контакты с маркировкой 80-28 и 76-90 замыкаются, а контакты с маркировкой 94-92 размыкаются.



Если командоаппараты SA1, SA2, SA3 находятся в нулевом положении, то включается пускатель KM21 по цепи: фаза генератора C2—172 -стабилизатор — провод 2 — контакт SA5 — провод 6 — провод 10 — контакт QF1 — кольцевой токосъемник ХА — провод 12 — амперметр — провод 14 — автоматический выключатель QF6 — провод 70 — контакт SA3 — провод 72 — контакт SA2 — провод 74 — контакт SA1 — провод 76,- контакт SQ7 - провод 86 - контакт SA6 - провод 94 – катушка KM21 - масса. Включившись, KM21 шунтирует контакты 1SA3, 1SA2,1, 1SA1.



G - генератор синхронный ЕС-81-6С, 25 кВт, 400 В, 36 А; G1 - генератор; M1, M3 - электродвигатели грузовой и стреловой лебедок МТМ-211-6,5 кВт, ПВ = 40 %, 380 В; M2 - электродвигатель механизма вращения МТМ-111-6, 2,2 кВт, ПВ = 40%, M4-M8 - электродвигатели тормоза; M9 - электродвигатель с вентилятором в сборе с автомобиля "Урал-375"; QF1 - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 40 А; QF2, QF3 - выключатели автоматические АП50-3МТ с расцепителем на 25 А; QF4 - выключатель автоматический АП50-3МТ с расцепителем на 10 А; QF5, QF7 - выключатели автоматические АП50-3МТ с расцепителем на 6 А; QF6 - выключатель автоматический А-63М с расцепителем на 2,5 А; SA1-SA3 - командоконтроллеры УП-5315; SA4 - командоаппарат УП-5315; SA5 - выключатель пакетный ППЗ-10/Н2 трехполюсный на 380 В, 40 А; SA6 - переключатель пакетный ППЗ-10/Н2 на 380 В, 6 А; SA7 - переключатель пакетный двухполюсный ПП2-10/Н2 на 380 В, 6 А; SA9 - переключатель П-46А; KM1 - KM6 - пускатели ПМИ-211Е на 220 В; KM7 - KM18 - пускатели ПМИ-211Е на 220 В; KM19, KM20 - пускатели ПМИ-211Е на 220 В; KM21 - пускатель ПМИ-211Е на 220 В; KA - реле постоянного тока РЭВ-571 на 25 А; SA7 - аварийный выключатель ВК-411; SA8, SA9 - конеч-

ные выключатели ВК-411; *TV1* – трансформатор ТС-1,5/0,5, 1,5 кВА, 380-220/95-55 В; *TV2* – трансформатор  
ТБС2-01 на 100 В/А, 220/12 В; *SB1, SB2* – кнопки КУ-2; *SB3, SB4* – кнопки КУ-1; *PA* – амперметр Э-421, 0-50 А; *PV* – вольтметр Э-421, 0-450 В; *TS* – стабилизатор в комплекте с генератором; *R1* – ящик сопротивлений УФ-6, кат. №2ТД.750.013.1; *R2, R3* – ящики сопротивлений НФ-2, кат. №2ТД.750.011.11; *EL1, EL3* – светильники габаритные ГОСТ-49-32 на крыльях автомобиля; *HA1, HA2* – комплекты звукового сигнала С-56-Г; *Q1-Q6* – выключатели В-45; *EH2* – электронагреватель трубчатый НВС 0,46/125; ОПГ – контакт ограничителя грузоподъемности ОПГ-1; *HL* – лампа сигнальная АСК-0; *RS2* – резистор ПЭВ-7 на 2000 Ом; *EL3* – фара ФГ-1 – 2 А; *EL4* – светильник габаритный стрелы ГОСТ-49-32; *EL5* – светильник в кабине С-2х; ; *EL6* – светильник на стреле "Альфа"; *SB5, SB6* – кнопки звуковых сигналов КТ4-4664; *FU1, FU2* – предохранители; *GB* – аккумуляторная батарея; *UZ1* – выпрямительный мост; *UZ* – выпрямитель; *XP1* – штепсельное гнездо БДК256005 на 400 В, 4 х 2,5 А; 5ДК37003 – штырь – подключение к внешнему источнику; *XS4, XP4* – розетка и вилка штепсельная 47К; *XS2* – штепсельное гнездо на 400 В, 4 х 2,5 А, 5ДК37003 – штырь – подключение внешней нагрузки; *XS3, XP3* – штепсельный разъем ШР-55, ПК30НГ1 – подключение кабеля дистанционного управления; *XS5, XP5* – розетка и вилка: штепсельные 47К; *L1* – обмотка ротора; *XA* – кольцевой токосъемник на пять колец; *L2* – основная обмотка статора генератора; *L3* – вспомогательная обмотка статора генератора; *R4* – резистор; *C* – конденсатор; *R5* – переменный резистор; остальные контакты

**Рисунок 1.4 - Принципиальная схема электрооборудования автокрана 8Т210**

Для включения электродвигателей грузовой лебедки на "Подъем" пе-реводится рукоятка контроллера SA1 из нулевого положения в первое, при этом контакт 1SA1 размыкается, а контакт 2SA1 замыкается. Катушка пускателя KM5 получает питание по цепи: до автоматического выключателя

QF6 по цепи, разобранный выше, и далее провод 70 – контакт KM21 – провод 84 – контакты XS3, XP3 – провод 196 – контакт 2SA1 – провод 116 — контакт SQ8 — провод 130 – контакт ОПГ – провод 132 — контакт KM19 — провод 134 — контакт KM6 — провод 138 — катушка KM5 — масса.

Пускатель KM5 срабатывает, и по проводу 146-246 подготавливает цепь катушки пускателя ускорения KM11, а контактом по проводу 198-294 — цепь катушек пускателей ускорения KM 13 и KM 14. Размыканием контакта KM5 по проводу 140-144 в цепи катушки пускателя KM6 и по проводу 78-80 в цепи катушек KM19 и KM20 предотвращается возможность случайного одновременного включения этих пускателей вместе с пускателем KM5. Через силовые контакты пускателя KM5 (29-33, 16-18) подается напряжение на статор электродвигателя МЗ. Одновременно включаются электродвигатели М7 и М8 гидротолкателей тормозов механизма подъема груза (одна фаза зажима 23 автоматического выключателя, а две другие через контакты KM20). Электродвигатель МЗ пускается с введенным, резистором в цепи ротора. Для регулирования частоты вращения электродвигателя рукоятку командоконтроллера SA1 переводят последовательно в положение 2-5: в положении 2 через контакт 4SA1 и контакт KM5 по цепи 146-246 получает питание катушка пускателя KM11; в положении 3 через контакт 5 SA1 и контакт KM11 по цепи 148-248 — катушка KM12; в положении 4 через контакт 6

SA1 по проводу 198-292 и контакт KM12 по цепи 150-250 – катушка KM13; в положении 5 через контакт 7 SA1 по проводу 198-292 и контакт KM 13 по цепи 152-252 — катушка KM14 и т.д. Пускатели KM11, KM12, KM13, KM14 своими контактами

последовательно шунтируют соответствующие ступени резистора R2 в роторной цепи электродвигателя МЗ, и он увеличивает частоту вращения. При включении последнего пускателя — КМ14 — электродвигатель работает с короткозамкнутым ротором.

Катушки пускателей ускорения при этом питаются через соответствующие контакты командоаппарата SA1, а катушка пускателя КМ5 с третьего положения командоаппарата - через контакт КМ11 по проводу 198-400 и контакт КМ5 по проводу 400-116.

Реверс двигателя (включение на спуск) грузовой лебедки осуществляется пускателем КМ6, работа схемы при этом подобна разобранный выше.

При переводе рукоятки SA1 в положение первое на "Спуск" катушка пускателя КМ6 получает питание по цепи: до зажима 196 командоаппарата SA1, как и катушка пускателя КМ5, а далее 198 — контакт 3 SA1 - 122 - контакт КМ19 - 140 - контакт КМ5 - 144 - катушка КМ6 — масса. Пускатель КМ6 срабатывает и включает электродвигатель МЗ на спуск. Регулирование скорости аналогично описанному выше, только катушка пускателя КМ6 с третьего положения SA1 питается через контакт 198-400 КМ6 и 122-400 КМ11, а катушка КМ13 на четвертом и пятом положениях и катушка КМ14 на пятом положении питаются через контакты 6SA1 и 7SA1,

На некоторых автокранах реверс двигателей осуществлялся микропереключателем, расположенным на пульте управления под шайбой командоаппарата (универсального переключателя). При нажатии рукоятки универсального переключателя вниз срабатывает микропереключатель и своими контактами выключает цепь питания реверсивных магнитных пускателей.

Управление электродвигателями стреловой лебедки и механизма вращения аналогично управлению электродвигателем грузовой лебедки. Команды подаются командоаппаратами SA2 и SA3.

Для замедленного спуска грузов при работе электродвигателя в режиме динамического торможения команда подается нажатием на кнопку SB1. При этом рукоятки командоаппаратов SA2 и SA3 должны находиться в нулевом положении, педаль аварийного контакта отпущена. (контакт 110-92 SQ7 замкнут), а рукоятка командоаппарата SA1 — в положениях 1-5 на спуск.

При нажатии на кнопку SB1 катушка пускателя КМ20 получает питание по цепи: до зажима 70 SF6, как и для пускателей КМ5 и КМ6, далее 70 - контакт 1 SA3 - 72 - контакт 1 SA2 - 74 - контакт КМ6 - 78 - контакт КМ5 - 80 - переключатель SA6 - 82 - контакт 10SA1 - 304 - кнопка SB1 - 102-290 - контакт КМ21 - 308 - катушка КМ20 - масса. Пускатель КМ20, включаясь, размыкает свои контакты 31-33, 30-18 в цепи электродвигателей М7 и М8 гидротолкателей тормозов, замыкает контакты, подводя к статору электродвигателя МЗ через контакты 34-18 и 29-33 постоянный ток пониженного напряжения, и замыкает контакт 146-246 в цепи катушки пускателя КМ11, подготавливая его включение.

Если постоянный ток, протекающий по статорной обмотке, будет соответствовать току уставки (25 А) реле КА, то реле КА сработает и замкнет свой контакт 102-104 в цепи катушки КМ19. Пускатель КМ19 включится, контактами разорвет цепь питания пускателей КМ5 и КМ6, предотвратив возможность подачи на статор электродвигателя МЗ напряжения переменного тока, через контакты 50-23, 25-

31, 26-30 подает напряжение на электродвигатели М7 и М8 гидравлических толкателей тормозов, а контактами по цепи 80-308 создаст добавочную цепь питания пускателя КМ20.

Электродвигатель М3 работает в режиме динамического торможения, регулируется изменением сопротивления в роторной цепи путём перевода рукоятки командоконтроллера SA1 в различные положения на "Спуск" и включения пускателей КМ11-КМ14. При этом КМ11 и КМ12 включаются по цепям, описанным выше, а пускатели КМ13 и КМ14 - через контакт 198-292 пускателя КМ20. Скорость опускания зависят от массы груза и положения рукоятки контроллера

Кабина обогревается электропечью ЕК1, включаемой пакетным переключателем SA8. Для обогрева переднего стекла кабины установлены трубчатые электронагреватели ЕК2, питающиеся от вторичной обмотки трансформатора TV1 через выключатель Q5, и вентилятор обдува стекла М9, который включается и выключается выключателем Q6.

**Работа автомобильного крана от внешней сети.** Питающий кабель внешней сети подключается гнездом штепсельного разъема к вилке разъема ХР1, установленной на силовом шкафу. Пакетный переключатель SA5 ставится в положение два, соответствующее замкнутым контактам 9-5, 8-6, 11-7. В остальном работа схемы от внешней сети аналогична работе от генератора.

**Работа автомобильного крана при дистанционном управлении.** Для дистанционного управления автокраном к колодке штепсельного разъема (XS3, ХР3) подключается кабель пульта дистанционного управления, а заглушка штепсельного разъема снимается. При этом зажимы 84 и 198 разъема XS3, ХР3 размыкаются. Переключатель SA6 на пульте управления в кабине ставится в положение "Выносной пульт", соответствующее замкнутым контактам 92-94, 76-90, 80-28.

Управление механизмами отдельное, без совмещения операций, и ведется командоконтроллером SA4, переключателем SA7 и кнопками SB2, SB3, SB4.

При работе грузовой лебедкой переключатель SA7 ставят в положение "Груз", и замыкаются контакты 114-116 и 112-122.

Для подъема груза нажимается кнопка SB3 и переводится рукоятка командоаппарата SA4 в первое положение (рукоятки командоаппаратов SA1, SA2, SA3 находятся при этом в нулевом положении). Катушка пускателя КМ5 получит питание по цепи: фаза генератора С2 — 172 — стабилизирующее устройство — провод 8 — переключатель SA5 — провод 6 - провод 10 - автоматический выключатель QF1 — кольцевой токосъемник ХА - провод 12 — амперметр РА - 14 — автоматический выключатель QF6 - 70 — контакт 1 SA3 - 72 — контакт 1 SA2 - 74 - I SA1 - 76 - контакт переключателя SA6 - 90 - контакт 2 SA1 - 194 - контакт 6 SA4 - 210 - кнопка SB3 - 114 - контакт SA7 - 116 - контакт SQ8 - 130 - контакт ОГП - 132 - контакт КМ19 - 134 - контакт КМ6 - 138 - катушка КМ5 — масса. Пускатель КМ5 срабатывает. Включение силовых и блокировочных цепей аналогично включению их при управлении с пульта и из кабины машиниста. Одновременно, с пускателем КМ5 на первом положении командоаппарата SA4 включается КМ21 по цепи: до зажима 114 SB3, так и для пускателя КМ5, далее 114 — контакт кнопки SB4 - 110 — контакт SQ7 - 92 — контакт SA6 - 94 - катушка КМ21 — масса. Включаясь, КМ21 блокирует своим контактом 90-196 контакт 2 SA4. Пускатели ускорения КМ 11 и КМ14 управляются переводом рукоятки SA4 на положения 2-5. Ка-

тушка пускателя КМ11 питается по цепи: до зажима 90, как для КМ5, затем 90 - контакт КМ21 - 196 - контакт 5 SA4 - 188 - разъем XS3, XP3 - 146 - контакт КМ5 - 246 - катушка КМ11 - масса. Цепи питания КМ12, КМ14 аналогичны, питание катушек идет через контакты 4 SA1, 3 SA4 и 1 SA4.

Реверс электродвигателя производится кнопкой SB4 и пускателем

КМ6. Управление электродвигателем стреловой лебедки аналогично управлению электродвигателем механизма вращения. Питание пускателей КМ1 и КМ2 идет через контакты переключателя SA7 114-118 и 112-124, а пускателей КМ3 и КМ4 — через контакты переключателя SA7 114-120 и 112-126. Остановка механизмов производится переводом рукоятки SA4 в нулевое положение. При опускании кнопки SB3 (или SB4) также отключается соответствующий электродвигатель. Команда на замедленное опускание груза в режиме динамического торможения подается кнопкой SB2, при нажатии на кнопку получают питание катушки пускателей КМ20 и КМ19 по цепи: до зажима 80 переключателя SA6, как и при управлении из кабины, далее 80 — контакт SA6 - 28 - разъем XS3, XP3 - 88 - кнопка SB2 - 102 - разъем XS3, XP3 - 290 - контакт КМ21 - 308 - катушки КМ20 и КМ 19 через контакт КА — масса.

**Защита и блокировка.** Электродвигатели, трансформатор и электропечь защищаются от коротких замыканий и аварийных перегрузок автоматическими выключателями QF2, QF3, QF4 и QF 5, генератор и внешняя сеть — автоматическим выключателем QF1, цепь управления защищена автоматическим выключателем QF6. Нулевая защита осуществляется пускателями КМ5, КМ6, КМ1, КМ2, КМ3, КМ4 и КМ21. При исчезновении напряжения на крановой установке и его восстановлении самопроизвольного запуска электродвигателей крана не произойдет ввиду отключения пускателей, указанных выше.

Включение схемы в работу возможно лишь при условии, что машинист находится в кабине и готов к работе. Для этого служит педаль аварийного контакта с конечным выключателем 5(2 7).

Для предупреждения перегрузки автокрана служит ограничитель грузоподъемности. При перегрузках автокрана и срабатывании ограничителя грузоподъемности контактами реле ограничителя ОГП 130-132, 156-158, 124-162 разрываются цепи питания катушек пускателей КМ3, КМ1, КМ2, и в дальнейшем на данном вылете стрелы возможны только опускание груза и поворот платформы. Конечные выключатели SQ8 и SQ9 ограничивают соответственно высоту подъема крюка и угол подъема стрелы, разрывая свои контакты в цепях катушек пускателей КМ5 и КМ1. После этого работа отключившегося механизма возможна лишь на спуск.

Для защиты от снижения тока при динамическом торможении служит токовое реле КА. Механизм подъема груза можно растормозить только в случае, если значение постоянного тока будет соответствовать току уставки реле. Для этого в цепь катушки пускателя КМ9 (пускатель питания электродвигателей тормозов грузовой лебедки при работе ее электродвигателя в режиме динамического торможения) введен контакт реле КА.

Нулевая блокировка обеспечивается контактами 1 SA1, 1SA2, 1SA3. Схема может быть включена в работу только при установке всех контроллеров в нулевое положение.

Для контроля за напряжением тока на пульте устанавливаются вольтметр PV и амперметр PA.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО ТулГУ**  
**ИБТС им. В. П. Грязева**  
**Кафедра “Электроэнергетика”**

**ЗАДАНИЕ**

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 5: “Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода пневмо-колёсного крана КС 5363”.
2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.
3. Исходные данные для проектирования.
  - 3.1. Источник питания — двигатель-генераторная установка, 61,5 кВт или внешняя сеть переменного тока напряжением 380 В.
  - 3.2. Род тока переменный 380 В, 50 Гц и постоянный 220 В..
  - 3.3. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.
    - 3.3.1. Электродвигатель механизма главного подъёма груза — постоянного тока типа Д814,  $P_H = 55$  кВт,  $n = 550$  об/мин,  $I = 280$  А,  $M_{max} = 4810$  Н·м.
    - 3.3.2. Электродвигатель механизма вспомогательного подъёма груза — постоянного тока  $P_H = 38$  кВт,  $n_H = 555$  об/мин,  $I = 192$  А,  $M_{max} = 3190$  Н·м.
    - 3.3.3. Электродвигатель механизма вращения — постоянного тока  $P_H = 9,5$  кВт,  $n = 770$  об/мин,  $I = 51$  А,  $M_{max} = 373$  Н·м.
  - 3.4. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.
  - 3.5. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка.
  - 3.6. Окружающая среда — нормальная.
  - 3.7. Система управления — кулачковый контроллер.
  - 3.8. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 4:1.
  - 3.9. Диапазон регулирования скорости выше номинальной 2:1
4. Содержание пояснительной записки.
  - 4.1. Введение.
  - 4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.
  - 4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.
  - 4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.
  - 4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.
  - 4.6. Заключение.
  - 4.7. Литература.
5. Перечень графического материала: общий вид пневмоколёсного крана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
 канд. техн. наук, доцент, (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 (подпись, дата)

**2.1 Электропривод крана КС-5363**

Кран КС-5363 предназначен для строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ.

Кран КС-5363 имеет индивидуальный электропривод всех механизмов, питание получает от собственной двигатель-генераторной установки или внешней сети переменного тока напряжением 380 В.

Силовая установка крана состоит из двигателя внутреннего сгорания, двух генераторов постоянного тока напряжением 230 В и электродвигателя переменного тока. В качестве главного генератора, питающего; электродвигатели лебедок и механизма передвижения, используется, электродвигатель ДК-309Б мощностью 50 кВт. Для питания электродвигателя механизма поворота, а также цепей управления используется генератор П62 мощностью 11,5 кВт.

Двигатель внутреннего сгорания и главный генератор монтируются на подмоторной раме. Вспомогательный генератор и электродвигатель переменного тока установлены на подставке над главным генератором. Вспомогательный генератор приводится во вращение двухрядной клиноременной передачей электродвигателя переменного тока. Двигатель внутреннего сгорания и главный генератор соединены центробежной муфтой.

**Электрооборудование крана.** Каждое рабочее движение крана осуществляется индивидуальным электродвигателем, который через соответствующий редуктор соединен с исполнительным механизмом.

Регулирование частоты вращения всех электродвигателей осуществляется по системе генератор — двигатель, когда частота вращения электродвигателя зависит от напряжения питающего генератора.

Напряжение главного генератора G1 (рисунок 5 и 6) изменяется в зависимости от напряжения, которое поступает на обмотку возбуждения LG1. Это напряжение изменяется с помощью сопротивления резистора R5. Чем меньше сопротивление, тем выше ток возбуждения, а следовательно, и выше выходное напряжение на зажимах главного генератора G1. Рабочее напряжение силового электрооборудования — 220 В постоянного тока.

Управление краном осуществляется с поста управления, на котором расположены пульт управления с кнопками и контрольно-измерительные приборы, командоконтроллеры SA1 и SA2. Командоконтроллер SA2 управляет цепями возбуждения генератора G1, командоконтроллер SA1 — электродвигателем механизма вращения M5. Кнопками осуществляется включение нагрузки на генератор G1 и подключение с помощью контакторов того или иного электродвигателя к генератору G1. Контакторно-релейная аппаратура монтируется на поворотной части крана в шкафу.

Нажатием на кнопку SB2 (рисунок 6) включается стартер и запускается двигатель. Частоту вращения двигателя на холостом ходу рукояткой

акселератора доводят до 1800 об/мин, что контролируется вольтметром PV2 вспомогательного генератора G2.

При частоте вращения вспомогательного генератора 1450 об/мин, что соответствует частоте вращения на холостом ходу, вольтметр PV2 должен показать 230 В.

Кнопкой SB1 включается контактор KM11, и по цепи 23-34-30-31-32-25 он блокируется, при этом напряжение вспомогательного генератора G2 подается в цепи возбуждения, управления, наружного освещения, отопления и в цепи управления вращением. Одновременно включается реле KT1, KT5, KT6, контактор KM1, подготавливая схему к работе на любой операции.

**Механизм передвижения.** Кнопкой SB3 включается контактор KM13 (при нулевом положении SA2 контакт 1 SA1 по цепи 51-100 замкнут), который подготавливает цепи управления передвижением к работе (замыкаются контакты 48-49 и 49-103). Перемещением рукоятки командоконтроллера SA2 вперед или назад (контакт SA1 или SA2) контактор KM3 или KM4 и подключают якорь электродвигателя передвижения M1 к якорю главного генератора. Дальнейшим перемещением рукоятки командоконтроллера SA2 с выдержкой времени шунтируют сопротивление R3 в цепи возбуждения главного генератора, увеличивая его напряжение, а следовательно, и скорость передвижения. При переключении с одной ступени возбуждения на следующие включаются реле времени KT1, KT2, KT3, KT4 и KT5, чем достигается независимость максимальных ускорений от воли и умения машиниста.

В кране предусмотрены две ступени динамического торможения. Для осуществления первой ступени динамического торможения необходимо нажать кнопку SB4. При этом только снимается возбуждение с главного генератора G1 (теряет питание катушка KT6, и замыкаются контакты KT6 91-92 в цепи возбуждения G1) при собранной схеме силовых цепей механизма передвижения. В зависимости от направления движения при помощи командоконтроллера SA2 необходимо согласовать полярность вспомогательной обмотки электродвигателя передвижения для перевода его на работу вспомогательным генератором с самовозбуждением. Эта ступень предназначена для торможения на больших уклонах пути. Скорость передвижения до 1 км/ч.

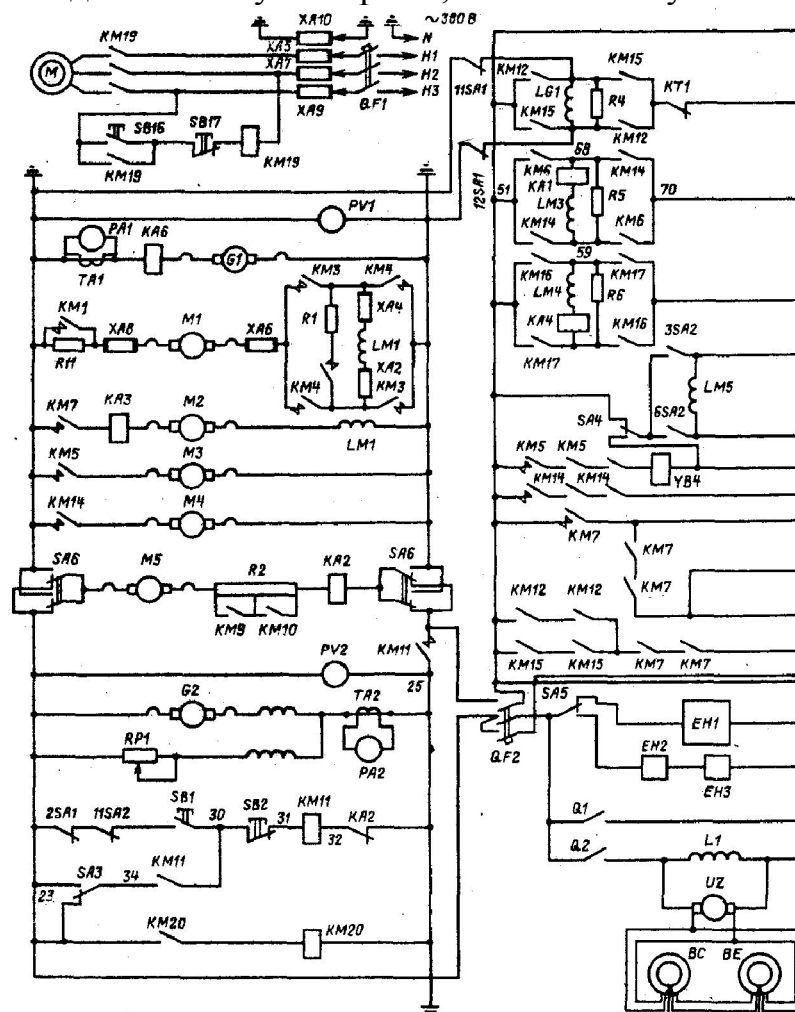
Для осуществления второй ступени динамического торможения необходимо нажать кнопку SB5. При этом ступень резистора R1 вводится в главную цепь электропривода. Вторая ступень динамического торможения служит для езды на небольших и безопасных спусках. Кроме пяти скоростей, регулируемых командоконтроллером SA2, схема предусматривает шестую скорость передвижения путем ослабления МД электродвигателя. Для этого необходимо нажать выключатель SQ1.

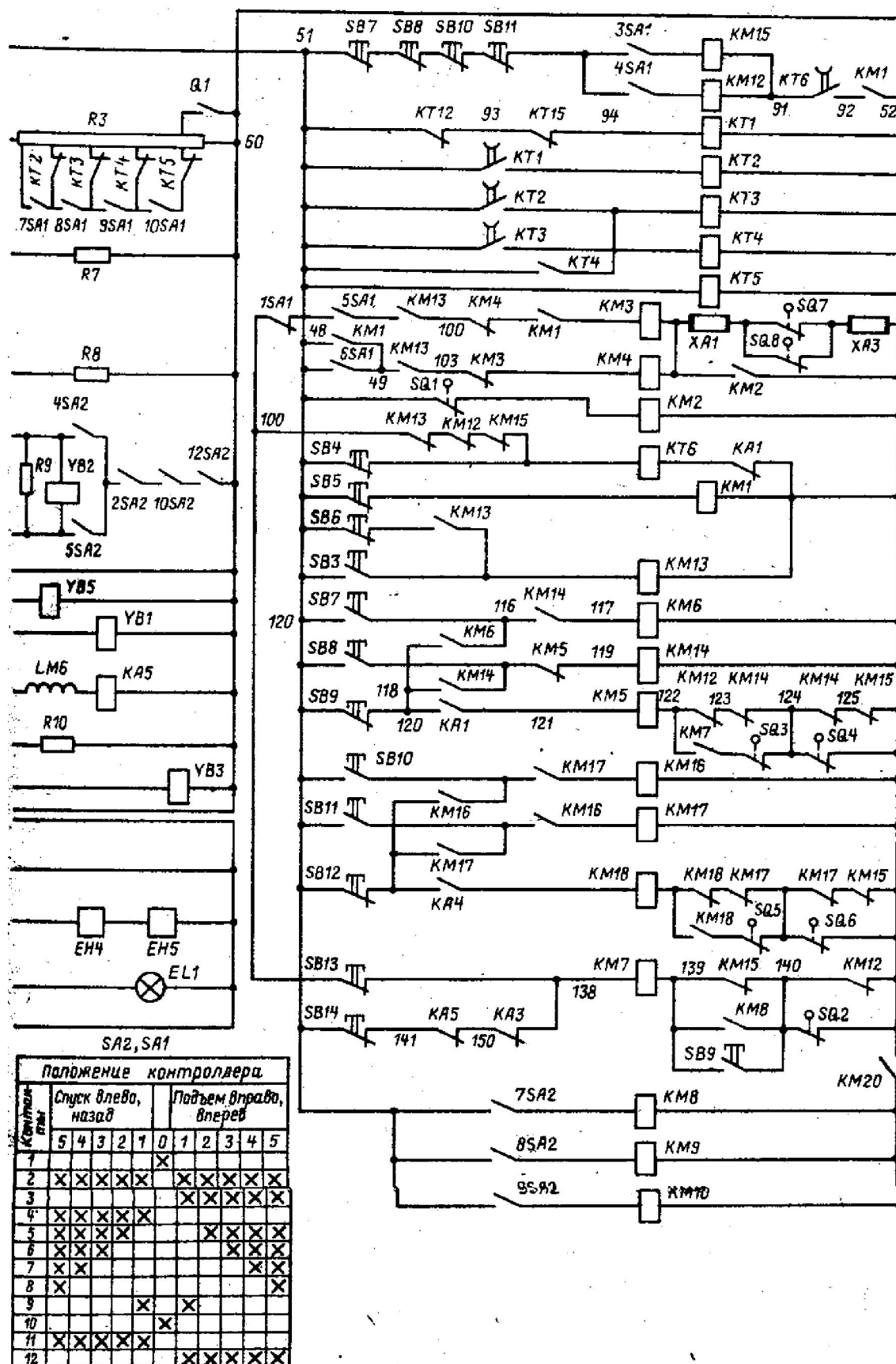
Для остановки крана переводят рукоятку командоконтроллера SA2 в нулевое положение, при этом отключаются контакторы KM3 (KM12) или KM4 (KM15). Затем нажимают кнопку SB6 (стоп).

**Механизм подъема стрелы.** Набор схемы электропривода механизма подъема стрелы осуществляется кнопкой SB13 (при нулевом положении контроллера SA2). При этом по цепи 51-141-150-138-139-140-52 получает питание контактор KM7, который подключает электродвигатель стрелы M2 к главному генератору G1 и подает напряжение на обмотку возбуждения LM6 и тормозного электромагнита YB1. Регулирование частоты вращения и реверсирование электродвигателя стрелы осуществляются командоконтроллером SA2, в рабочих положениях которого включается второй тормозной электромагнит YB3 и подается напряжение на обмотку возбуждения главного генератора. Электродвигатель стрелы отключается

кнопкой SB14, которой одновременно выключаются тормозные электромагниты. Для ограничения угла подъема стрелы предусмотрен конечный выключатель SQ2.

**Механизм главного подъема груза.** Электродвигатель механизма главного подъема груза МЗ питается от главного генератора G1. Для работы только крюком главного подъема схему набирают, нажав кнопку SB7





G2 - генератор постоянного тока П62, 11,5 кВт; М - электродвигатель переменного тока А2-72-4, 30 кВт, 380 В; G1, LG1 - электродвигатель постоянного тока ДК-309Б, 50 кВт с вспомогательной обмоткой; M1, LM1 - электродвигатель постоянного тока ДК-309А, 46 кВт с вспомогательной обмоткой; M2, LM2 — электродвигатель постоянного тока П62, 14 кВт с вспомогательной обмоткой; M3, M4, LM3, LM4 — электродвигатели постоянного тока ДК-309Б, 50 кВт с вспомогательными обмотками; M5, LM5 - электродвигатель посто-

янного тока П62, 8 кВт с вспомогательной обмоткой; ЛМ6 — независимая обмотка электродвигателя М2; QF1 - выключатель автоматический А3114/1 на 100 А; QF2 - выключатель автоматический А3163 на 50 А; КМ1, КМ2 - контакторы КТПВ-603 на 160 А; КМ3-КМ5 - контакторы КТПВ-623 на 160 А; КМ7 - контактор КТПВ-622 на 100 А; КМ8-КМ10 - контакторы МК1-10 на 40 А; КМ11 - контактор КП-102-А на 75 А; КМ12, КМ15 - контакторы МК1-66 на 10 А; КМ6, КМ20, КМ13, КМ14, КМ16, КМ17 - контакторы МК1-44 на 10 А; КТ1-КТ6 - реле времени РЭВ-811; 1 КА1—КА6 - реле максимального тока РВ-571; SQ1 - выключатель конечный ВПК-2110; SQ2 - выключатель конечный КУ-701; SQ3-SQ6 — выключатели конечные ВУ-250А; SQ7, SQ8 - выключатели конечные ВК-200 А; SA1, SA2 - командоконтроллеры 1203; SA3—SA6 - универсальные переключатели УП5313/С322; Q1, Q2 - пакетные выключатели- ПВМ2-10, исп. 3; R1, R2 - ящики сопротивлений ГНФ-1, кат. № 2ТД.754.005.4; YB1-YB5 - тормозные электромагниты МП-201 на 220 В; SB1—SB14 - кнопки управления КЕ-011; SB16, SB17 - кнопки управления ПКЕ-212-2; R3-R10 - ящики сопротивлений ЯС-3; ТА1, ТА2 - трансформаторы тока; PV1, PV2 - вольтметры М-4200, 0-300 В; PA1, PA2 - амперметры М-4200, 0-100 А; ХА1-ХА10 - кольцевые токосъемники К-3112А; ЕН1 - электронагреватель ПЭТ-7; ЕН2-ЕН5 - обогреватели стекол ЭТ-44; EL1 - прожектор ПЗМ-25; UZ - одноякорный преобразователь ОП120Ф2; L1 - обмотка одноякорного преобразователя; ВЕ - сельсин приемник БС-484А на 100 В, 11 Вт; КМ18 - контактор КП-1002; КМ19 - магнитный пускатель ПА-411; КМ20 - контакт ограничителя грузоподъемности; RP1 - реостат; остальное - контакты

**Рисунок 5 - Принципиальная схема электрооборудования  
крана КС-5363 на напряжение 220 В**

("Спуск", "Подъем"). По цепи 51-120-116-117-52 включается контактор КМ6, который подает напряжение на обмотку независимого возбуждения ЛМ3, одновременно по цепи- 57- 68- 70-60 втягивается реле КА1, по цепи 51-120-121-122-123-124-125-52 включается контактор КМ5. В результате якорь двигателя М3 подключается к генератору G1 и включается тормозной электромагнит YB4. Переводом командоконтроллера SA2 в первое положение (вверх и вниз) включается контактор КМ12 (КМ15).

Главный генератор возбуждается, и начинается движение крюка с самой малой скоростью. При переводе командоконтроллера SA2 в последующее положение повышается скорость подъема или опускания крюка.

Установив рукоятку командоконтроллера SA2 в нулевое положение; и нажав кнопку SB9 ("Стоп"), останавливают крюк в любой точке подъема (опускания). Реверсирование электродвигателя главного подъема М3 возможно при любом положении командоконтроллера SA2, кроме того, возможна совместная работа электродвигателей М3 и М4 с одинаковой частотой вращения по независимым направлениям.

Скорость переключения ступеней возбуждения генератора G1 контролируется реле времени КТ1, КТ2, КТ3, КТ4 и КТ5, т. е. ускорение движения груза (крана) не зависит от вмешательства машиниста. При реверсировании электродвигателя М3 с движения вверх на движение' вниз необходимо нажать кнопку SB9 ("Стоп"), при этом отключаются контакторы КМ6 и КМ5. Для реверсирования необходимо нажать кнопку SB8 ("Реверс"), при этом по цепи 51-120-118-119-52 включится контактор КМ 14, и своими контактами 57-59 и 65-70 он включит обмотку ЛМ3 с обратной полярностью.

Для предотвращения броска тока при реверсировании последовательно в цепь возбуждения генератора G1 введены контакты кнопок SB7, SB8, SB10 и SB11 (пусковые кнопки электродвигателей главного и вспомогательного подъема).

Кнопкой SB3 ("Реверс") отключается контактор KM12 (KM15), и по цепи 51-93-94-52 выключается реле KT1, которое в свою очередь включает реле KT2, и т. д., в результате генератор G1 теряет возбуждение. После отпускания кнопки SB8 возбуждение генератора восстанавливается с постепенным нарастанием по ступеням до соответствующего положения командоконтроллера.

Схемой предусмотрена также возможность реверсирования движения крюка переводом рукоятки командоконтроллера SA2 в противоположное направление.

**Механизм вспомогательного подъема груза.** Схема управления электропривода механизма вспомогательного подъема аналогична схеме управления, описанной для механизма главного подъема. Исполнительные кнопки SB10, SB11, SB12.

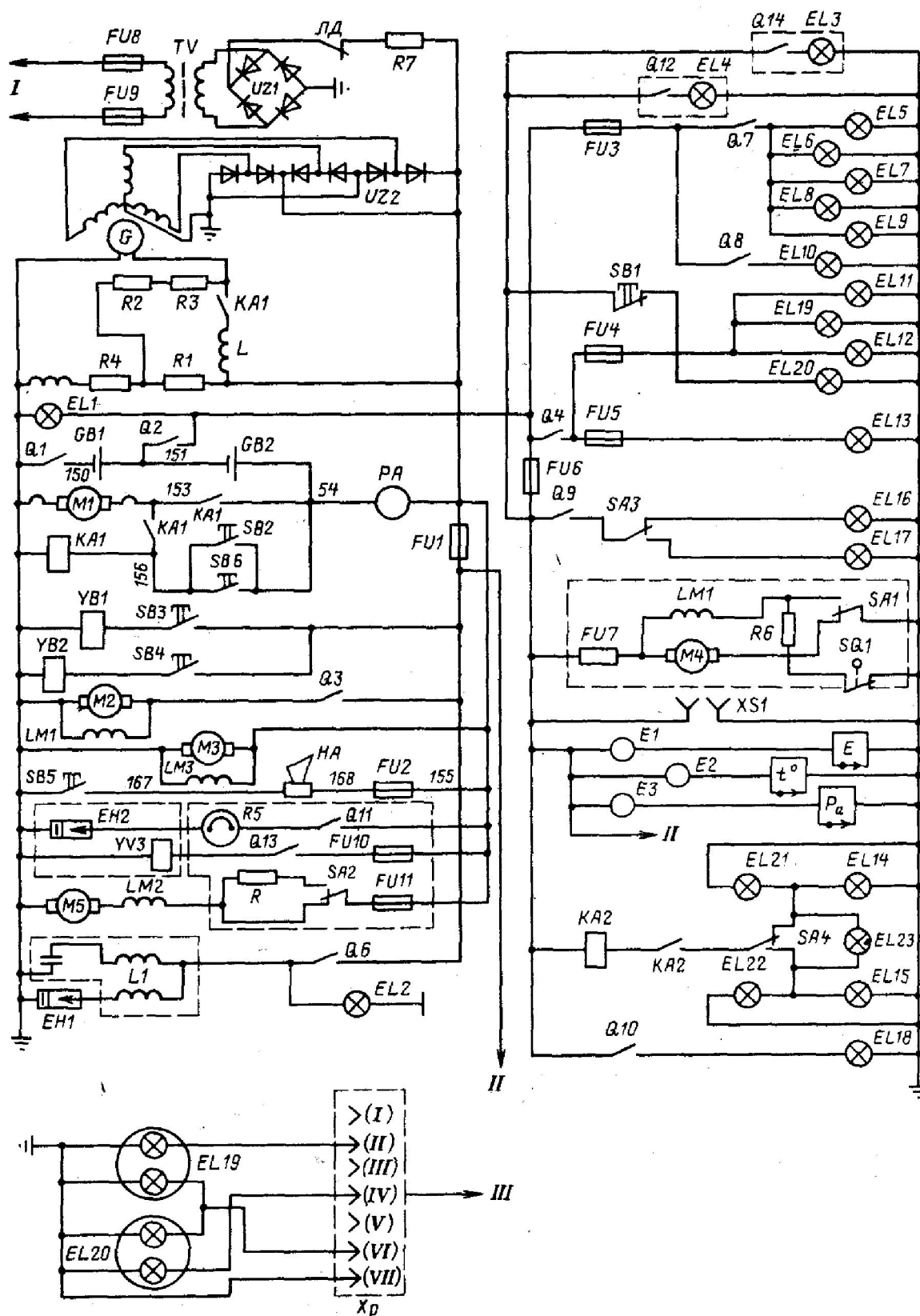
**Механизм вращения.** Для двигателя механизма вращения M5 схемой предусмотрены два способа питания: от вспомогательного генератора, от главного генератора.

Для питания от вспомогательного генератора универсальный переключатель SA6 следует переключить в положение "Вспомогательный генератор". Переводом командоконтроллера SA1 в первое положение (вправо или влево) осуществляется подача напряжения на обмотку возбуждения электродвигателя M5 и катушку тормозного электро-УВ2. Переводом рукоятки командоконтроллера SA1 последовательно в положения третье, четвертое и пятое вводятся ступени резистора R2 и соответственно увеличивается частота вращения электродвигателя M5.

Реверсирование вращения электродвигателя M5 производится переводом рукоятки командоконтроллера SA1 из положения вправо в положение влево или наоборот. Остановка электродвигателя M5 производится установкой рукоятки командоконтроллера в нулевое положение. При необходимости получения жестких скоростей и более плавного регулирования частоты вращения переключением универсального переключателя электродвигатель M5 переводится на питание от главного генератора G1. Для включения электродвигателя M5 в работу от главного генератора командоконтроллер SA1 надо установить в пятое положение вправо. Управление частотой вращения осуществляется командоконтроллером SA1.

**Защита и блокировка.** Электрической схемой крана предусмотрена защита генераторов и приводных электродвигателей от коротких замыканий с помощью реле максимального тока, включенных своими катушками в силовые цепи, а контактами в цепи управления.

Командоконтроллеры SA2 и SA1 осуществляют нулевую блокировку, допускающую подключение электродвигателя к генератору, находящемуся под напряжением.



G — генератор переменного тока Г270-А; M1 - стартер СТ-26; M2, M3 - электродвигатели вентилятора МЭ-205; M4 - электродвигатель; UZ1 - выпрямитель генератора; UZ2 - выпрямитель селеновый 75ГМ16СЯА; M5 - электродвигатель МБЛ-3Н с обмоткой последующего возбуждения LM2; GB1, GB2 - аккумуляторные батареи 6ТСТ-120ЭМС; Q1 - выключатель батареи ВК-318Б; 02-04, 06—010 — выключатели 69К; 012, 014 - выключатели; SQ2 — выключатель конечный ВК-317; SB4 - выключатель кнопочный торможения ВК-13Б; SA1 -переключатель (комплект стеклоочистителя СЛ-123); SA3 -, переключатель указателей поворота РС-57; Q11 - выключатель; Q13 - выключатель В-45М; SA4 - переключатель ПЗ9; SA2 - переключатель ППН-45; KA1 - реле стартера; PA -амперметр АП-

200; YB1, YB2 - электромагниты ЭПС-1; EL2, EL3 - фонари подкапотные; EL5-EL10 - плафоны ПК-701А; EL11-EL13 - габаритные сигналы; EL14, EL15 - фонари задние ФП100-Б с лампой А12-12-6с; EL16-EL18 - фары автомобильные ФГ122-Б; SQ1 - выключатель конечный; R1-R4 - резисторы регулятора; R - панель сопротивлений; R5 - спираль контрольная; R6 - резистор; R7 - резистор ЯС-3; EL19, EL20 - фонари задние ФП1-Г соответственно с лампой А24-21с и А24-3с; EH2 - свеча накаливания; YV3 — клапан электромагнитный МКТ-4 (комплект подогревателя ПЖД-44); FU10- блок защиты БЗ-20 на 2 А; FU7 - предохранитель; FU1, FU3-FU6 - блоки предохранителей ПР-12-Б2; FU2 - предохранитель на 10 А; FU8, FU9 - предохранители ППТ-10; TV - трансформатор напряжения -ТБСЗ-0,4; SB1-SB4 - кнопки управления КУ-122/3М; SB5 - кнопка звукового сигнала СБВ-4001; Е - датчик уровня топлива БМ100-А; Е1 - указатель уровня топлива УБ26-В; t° - датчик температуры воды 1 ТМ101; Е2 - указатель температуры воды УК-202; Ра - датчик давления масла; ЕЗ - указатель давления масла; L - обмотка регулятора напряжения; EH1 - свеча электрофакельного подогрева СПУ43-У; L1 - индукционная катушка Б-700; LM1, LM3 - обмотки параллельного возбуждения электродвигателя; XSI - штепсельная розетка РПК-6; KA1 - контакт реле-регулятора; EL21, EL22 - фонари задние ФП101-Б с лампой А12-12-6с; LM2 - обмотка последовательного возбуждения электродвигателя; SB6 - выключатель ВК-13Б; I - подключение крана к внешнему источнику питания; II - к ограничителю грузоподъемности; III - к тягачу при буксировке крана; EL1, EL23 - фонари контрольные ПД20-К; HA - звуковой сигнал С-101; остальное - контакты

**Рисунок 6 - Принципиальная схема электрооборудования крана КС-5363 на напряжение 12 и 24 В**

Отключение тормозных электромагнитов одновременно с якорной цепью электродвигателей главного и вспомогательного подъемов предотвращает свободное падение груза. В электрической схеме применена взаимная блокировка контакторов, исключающая короткие замыкания из-за случайного одновременного их включения.

Для электродвигателей главного и вспомогательного подъемов и электродвигателя стрелы предусмотрены реле защиты от обрыва поля КА1, КА4, КА5.

Кран снабжен конечными выключателями SQ3, SQ5 высоты подъема и опускания крюка и конечным выключателем SQ2 угла подъема стрелы, включенными своими контактами в цепи управления соответствующих электродвигателей.

Электрической схемой управления крана предусмотрено возбуждение главного генератора G1 в функции времени. Этим обеспечивается равномерное автоматическое ускорение электродвигателей.

При работающем двигателе внутреннего сгорания для излишнего заряда батарей схемой предусмотрено отключение приборов выключателем Q1 (см. рис. 6).

При включении второго тормоза стрелы YB3 командоконтроллером SA2 предусматривается незначительное опускание стрелы (провал).

Запуск двигателя осуществляется стартером M1 от аккумуляторных батарей GB1 и GB2 с помощью кнопок SB1 и SB5 по цепи 150-151-154-153-156. Батареи работают в режиме подзаряда от генератора G1, постоянство напряжения которого контролируется реле-регулятором РР-127. При окончании работы крана батареи GB1 и GB2 отключаются выключателем массы Q1, при этом гаснет контрольная лампа EL1. При работе крана от внешней сети подзаряд аккумуляторных батарей GB1 и GB2 осуществляется через предохранители FU8, FU9, трансформатор TV,- вы-

прямитель селеновый UZ1 и добавочное гасящее сопротивление (резистор R5). Ток зарядки должен быть 7—8 А. Зарядка контролируется амперметром РА.

В схеме крана предусмотрен служебный и аварийный останов двигателя, который осуществляется с помощью электромагнитов YB1, YB2 и кнопок SB3 и SB2. Вентиляторы М2 и М3 управляются выключателем Q3. Кран оборудован звуковым сигналом НА, который включается кнопкой SB5 по цепи 155-168-167. Для подогрева двигателя внутреннего сгорания в зимнее время схемой предусмотрены два подогревателя: электрофакельный, установленный на самом двигателе внутреннего сгорания, для температуры до -5 °С и подогреватель ПЖД-44 для подогрева дизеля при более низких температурах.

Машинное отделение крана оснащается плафонами EL5—EL9, которые управляются выключателем Q7. Выключатель Q8 управляет плафоном освещения поста управления EL10. Для освещения пути при передвижении на кране установлены фары EL16 и EL17, которые управляются выключателем Q9 и переключателем ближнего и дальнего света фар SA3. В передней части поворотной рамы крана и на головке стрелы установлены габаритные фонари EL11, EL12, EL13. На противовесе установлены задние габаритные фонари EL19 и EL20 с двухнитевыми лампами. Вторые нити этих сигналов подключены к выключателю торможения и включаются при включении колесных тормозов. Все габаритные фонари включаются выключателем Q4.

На кране предусмотрены также передние и задние фонари поворота EL14, EL21 и EL15, EL22, которые управляются с пульта управления переключателем SA4 и с помощью реле КА2 работают в режиме мигания. Для освещения крюка на головке стрелы установлена подвесная фара EL18, которая включается выключателем Q10.

В схеме предусмотрены двухскоростной стеклоочиститель СЛ-123 и штепсельная розетка XS1 на напряжение 12 В для подключения переносной лампы. Для определения уровня топлива, температуры воды и давления масла на пульте установлены приборы Е1, Е2, Е3, которые получают сигналы от датчиков соответственно Е,  $t^{\circ}$  и Ра.

При буксировке крана тягачом на неповоротной части предусмотрены два задних фонаря EL19 и EL20, которые с помощью вилки ХР подключаются в схему тягача.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО ТулГУ**  
**ИВТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра «Электроэнергетика»**

**ЗАДАНИЕ**

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 6: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ-100.0”.**

2. Срок предоставления к защите “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. **Исходные данные для проектирования.**

3.1. Источник питания — внешняя электрическая сеть переменного тока.

3.2. Род тока — переменный трёхфазный, 380 В, 50 Гц.

3.3. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.

3.3.1. Электродвигатель механизма подъёма груза — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 312-6,  $P_H = 15$  кВт,  $n_H = 955$  об/мин,  $I_{H.C.} = 38$  А,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,835$ ,  $I_{H.P.} = 60$  А,  $U_P = 235$  В,  $M_{max} = 638$  Н·м,  $J_P = 0,312$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.2. Электродвигатель механизма поворота крана — асинхронные с фазным ротором типа МТН 411-8,  $P_H = 15$  кВт,  $n_H = 705$  об/мин,  $I_{H.C.} = 43$  А,  $\cos \varphi_H = 0,67$ ,  $\eta_H = 0,79$ ,  $I_{H.P.} = 48$  А,  $U_P = 206$  В,  $M_{max} = 569$  Н·м,  $J_P = 0,537$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.3. Электродвигатели механизма подъёма стрелы — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 311-8,  $P_H = 7,5$  кВт,  $n_H = 695$  об/мин,  $I_{H.C.} = 22,8$  А,  $\cos \varphi_H = 0,68$ ,  $\eta_H = 0,73$ ,  $I_{H.P.} = 21$  А,  $U_P = 245$  В,  $M_{max} = 245$  Н·м,  $J_P = 0,275$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.4. Электродвигатель электрогидравлического толкателя тормоза стреловой лебёдки — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт,  $n_H = 875$  об/мин,  $I_{H.C.} = 5,2$  А,  $\cos \varphi_H = 0,66$ ,  $\eta_H = 0,615$ ,  $M_{max} = 422$  Н·м,  $I_P = 15$  А,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.5. Электродвигатели привода механизма передвижения крана — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 111-6,  $P_H = 3,5$  кВт,  $n_H = 895$  об/мин,  $I_{H.C.} = 10,4$  А,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,70$ ,  $I_{H.P.} = 15$  А,  $U_P = 176$  В,  $M_{max} = 85$  Н·м,  $J = 0,049$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.

3.5. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка контроллеров.

3.6. Окружающая среда — нормальная.

3.7. Система управления — магнитный контроллер.

3.8. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 4:1.

4. **Содержание пояснительной записки.**

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.6. Заключение.

4.7. Литература.

5. **Перечень графического материала:** общий вид башенного крана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
 доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_” \_\_\_\_\_  
 (подпись) (дата)

### 3.1 Электропривод крана КБ-100.0

Кран КБ-100.0 предназначен для строительства крупнопанельных пятиэтажных зданий. Принципиальная схема электрооборудования крана КБ-100.0 приведена на рисунке 1. Цепи управления краном питаются постоянным током через селеновый выпрямитель ВСД-4.

Регулирование скоростей электродвигателей при пуске осуществляется изменением значения пускорегулирующих сопротивлений резисторов в цепи ротора. Для снижения динамических нагрузок при пуске электродвигателей предусмотрены выключаемые ступени сопротивлений резисторов в цепи ротора. Пуск и торможение электродвигателей автоматизированы, для чего в магнитных контроллерах применены реле ускорения и торможения.

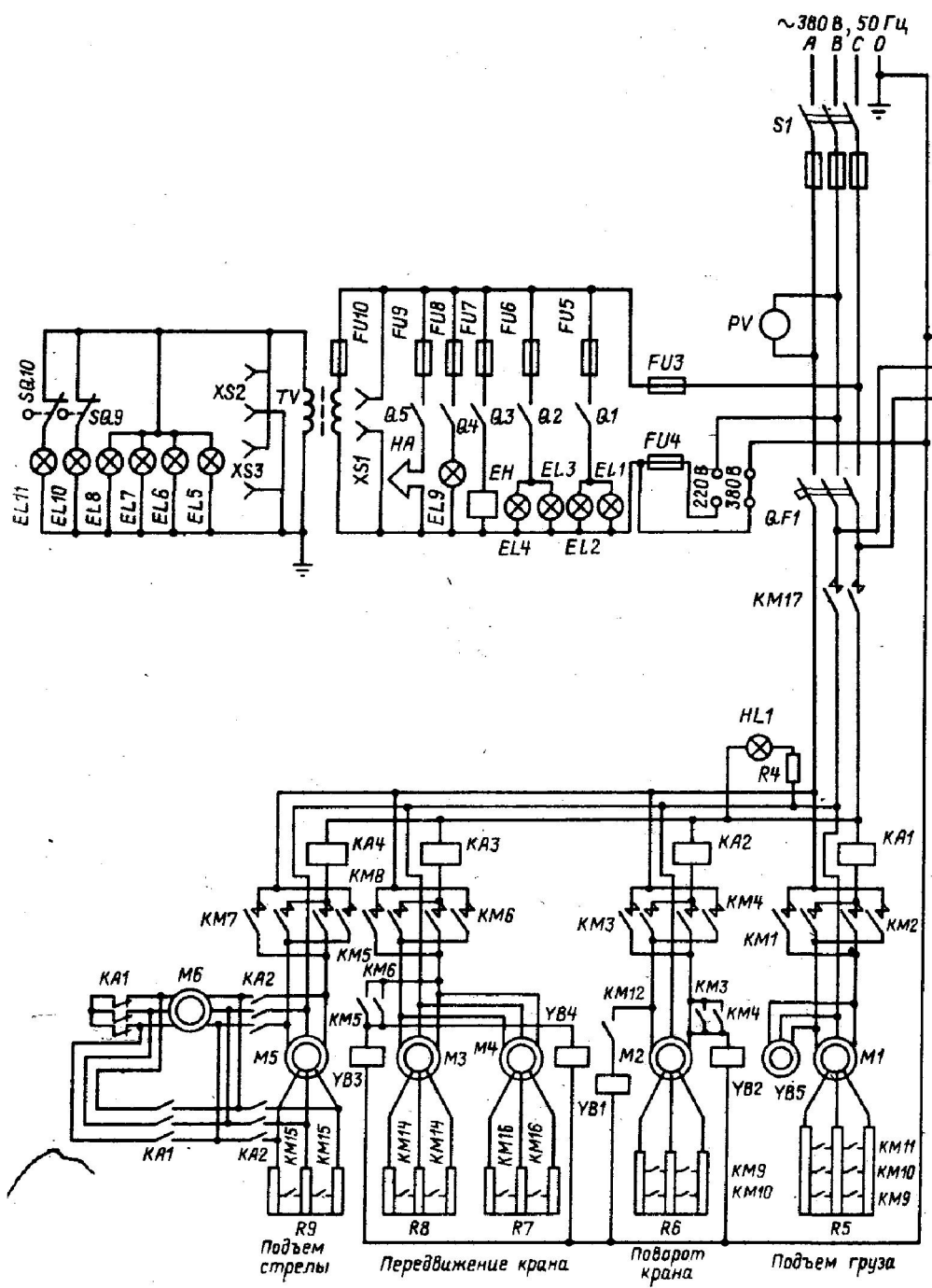
Плавное опускание и подъем стрелы обеспечиваются переключателем питания электродвигателя гидротолкателя тормоза стреловой лебедки со статорной цепи приводного электродвигателя на роторную.

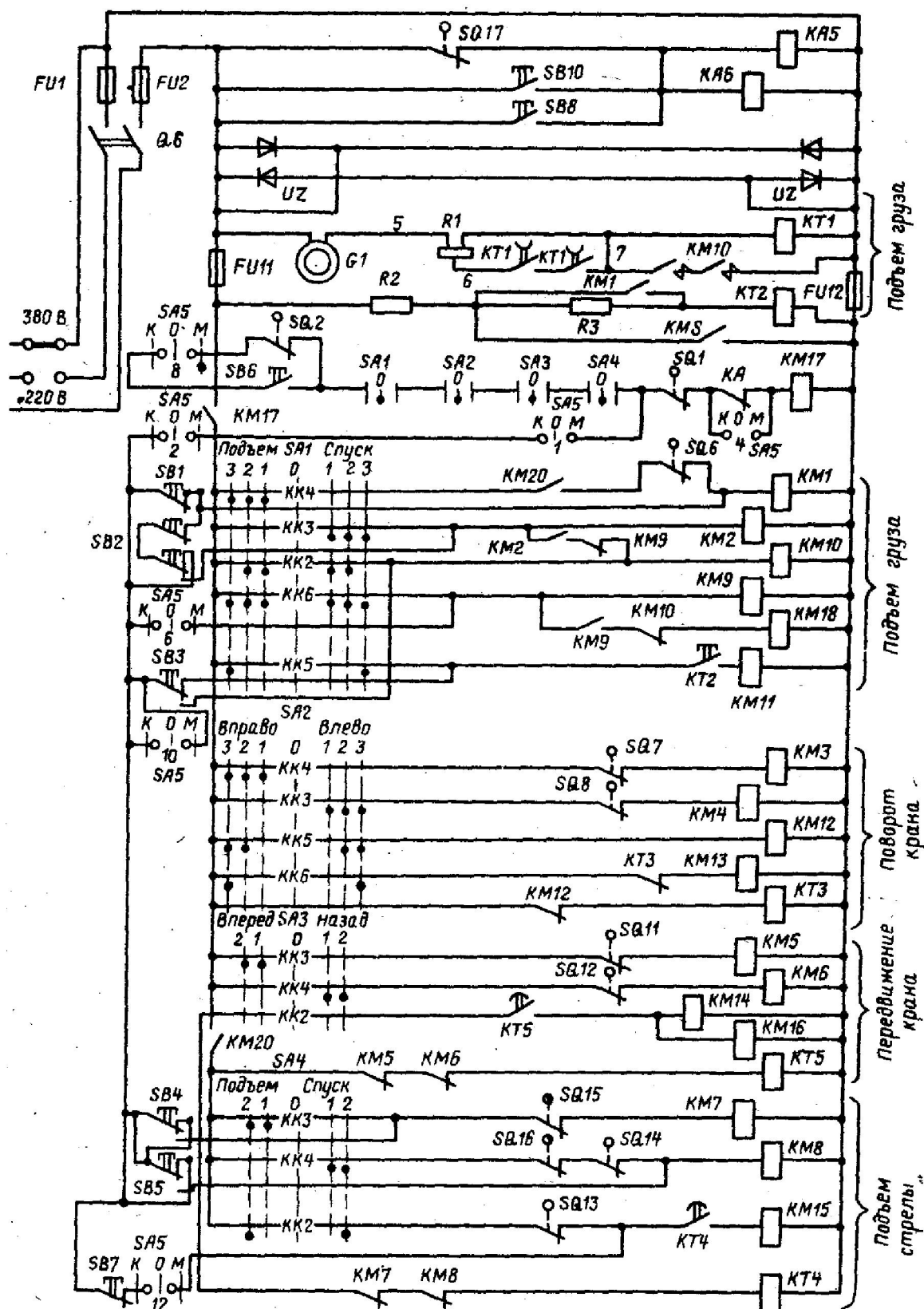
Переключение в силовых цепях крана производится электромагнитными контакторами, размещенными в двух магнитных контроллерах, смонтированных на поворотной платформе. Дистанционное управление работой магнитных контроллеров осуществляется из кабины машиниста посредством командоконтроллеров типа КК-8000. При монтаже и демонтаже крана управление стреловой и грузовой лебедками ведется с выносного пульта управления. Для освещения рабочей зоны крана используются прожекторы ПЗМ-35 и ПЗМ-45 и светильники С-131.

Для защиты цепей приводных электродвигателей от перегрузок в составе защитных панелей имеются четыре электромагнитных максимальных реле типа РЭО-401, объединенных в один блок. Кран оборудован ограничителями грузоподъемности типа ОГП-1, высоты подъема груза, максимального и минимального вылета стрелы, пути передвижения и поворота.

Электрооборудование крана размещается на продольных балках, приваренных к кольцевой раме. Принципиальная электрическая схема крана КБ-100 на напряжение 380 В приведена на рисунке 1.

**Силовая цепь.** От строительного рубильника фазы А1, В1, С1 и нулевой провод подаются на вводный ящик S1, установленный на ходовой раме крана, а далее через токосъемник в шкаф электрооборудования на зажимы автоматического выключателя QF1 (нулевой провод крепится на каркасе шкафа).





G1 - генератор вихревой тормозной ТМ-4, ПВ = 5 % (совместно с двигателем М1); М1-М5 - электродвигатели МТВ-411-8С, 16 кВт, МТ-111-6,3,5 кВт, МТВ-211-6, 7,5 кВт; М6 - электродвигатель тормоза ТКТГ, АМ, 0,2 кВт; QF1 - выключатель автоматический АЗ114/1 на 100 А; SA5 - универсальный переключатель цепи управления УП-5314С-141 на 380 В, 20 А; S1 - вводный ящик ЯБПВ-200 на 200 А; KM2-KM8 - контакторы реверса КПД-121А; KM1-KM9, KM11-KM16 - контакторы управления КПД-ЩА; KM17 - контактор линейный КПД-ЩА; KM10 - контактор включения генератора КПД-121А; KT1-KT5 - реле времени РЭВ-811; KA5, KA6 - реле промежуточные ЭП-41/33Б, управление стреловым тормозом; KA1-KA4 - реле максимального тока

*РЭО-401 на 10 и 40 А; SQ6 – SQ17 – выключатели конечные КУ-501 на 500 В, 10 А, ВУ-250А на 500 В, 2 А, КУ-504 на 500 В, 10 А, ВК-211 на 500 В, 6 А, КУ-701 (вторые контакты выключателя ОГП); SQ1, SQ2 - аварийные выключатели в кабине и на выносном монтажном пульте ВУ-222 на 500 В, 20 А; SA1—SA4 - команды контроллеры соответственно КК-8661, КК-8562, КК-8461, КК-8761 на 500 В, 10 А; YB1-YB5 - электрогидравлические и электромагнитные тормоза ТКТГ-300М и МО-100Б; R5—R9- пускорегулирующие резисторы НФ-2, НК-1, УК-6; Q3—Q5 - пакетные выключатели ПВ2-0; R1 -резистор обмотки возбуждения генератора СР-200; R2, R3 - добавочные резисторы ПЭ-50 соответственно на 600 и 250 Ом; SB1-SB3 - кнопки управления приводом механизма подъема груза на выносном монтажном пульте КУ-1; SB4, SB5 — кнопки управления приводом механизма изменения вылета стрелы на выносном пульте КУ-1; SB6 - кнопка управления в кабине, КУ-1; SB7, SB8,-кнопки управления тормоза, на выносном монтажном пульте соответственно КУ-2 и КУ-1; FU1, FU2, FU5- FU10 - предохранители плавкие установочные ПК-45-2 с плавкой вставкой 2 А; КА - вспомогательный контакт реле; КМ20 -контакты ограничителя грузоподъемности типа ОГП-1; UZ - селеновый выпрямитель ВСД-6 на 220 В, 2 А (одного столбика), кат.№2ТД.930.024Л; PV -вольтметр Э-30, 0-450 В; HL1 - сигнальная лампа положения линейного контактора; EL1-EL4 - прожекторы ПЗМ-45 на 220 В, 1 кВт, ПЗМ-35 на 220 В, 500 Вт; EL5-EL8 - светильники освещения лестницы в колонне С-131; EL9 - плафон освещения кабины СЖ-6 на 220 В, 60 Вт; EL10, EL11 - световое табло положения поворота ТС-2; TV -. трансформатор понижающий ОСО-0,25; ЕН - электроприбор нагрева кабины ПТ-102 на 220 В; R4 — трубчатый проволочный резистор ПЭ-15 на 3500 Ом; НА - сирена РВП20 на 220 В; XS1-XS3 - штепсельные розетки РПК-6 на 250 В, 6 А; SB10 - кнопка управления; остальное - контакты*

**Рисунок 3.1 – Принципиальная схема электрооборудования  
крана КБ-100.0**

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО ТулГУ**  
**ИВТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра «Электроэнергетика»**

**ЗАДАНИЕ**

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 7: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ-100.1”.**

2. Срок предоставления к защите “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. **Исходные данные для проектирования.**

3.1. Источник питания — внешняя электрическая сеть переменного тока.

3.2. Род тока — переменный трёхфазный, 380 В, 50 Гц.

3.3. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.

3.3.1. Электродвигатель механизма подъёма груза — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 312-6,  $P_H = 15$  кВт,  $n_H = 955$  об/мин,  $I_{H.C.} = 38$  А,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,835$ ,  $I_{H.P.} = 60$  А,  $U_P = 235$  В,  $M_{max} = 638$  Н·м,  $J_P = 0,312$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.2. Электродвигатель механизма поворота крана — асинхронные с фазным ротором типа МТН 411-8,  $P_H = 15$  кВт,  $n_H = 705$  об/мин,  $I_{H.C.} = 43$  А,  $\cos \varphi_H = 0,67$ ,  $\eta_H = 0,79$ ,  $I_{H.P.} = 48$  А,  $U_P = 206$  В,  $M_{max} = 569$  Н·м,  $J_P = 0,537$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.3. Электродвигатели механизма подъёма стрелы — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 311-8,  $P_H = 7,5$  кВт,  $n_H = 695$  об/мин,  $I_{H.C.} = 22,8$  А,  $\cos \varphi_H = 0,68$ ,  $\eta_H = 0,73$ ,  $I_{H.P.} = 21$  А,  $U_P = 245$  В,  $M_{max} = 245$  Н·м,  $J_P = 0,275$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.4. Электродвигатель электрогидравлического толкателя тормоза стреловой лебёдки — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт,  $n_H = 875$  об/мин,  $I_{H.C.} = 5,2$  А,  $\cos \varphi_H = 0,66$ ,  $\eta_H = 0,615$ ,  $M_{max} = 422$  Н·м,  $I_P = 15$  А,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.

3.3.5. Электродвигатели привода механизма передвижения крана — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 111-6,  $P_H = 3,5$  кВт,  $n_H = 895$  об/мин,  $I_{H.C.} = 10,4$  А,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,70$ ,  $I_{H.P.} = 15$  А,  $U_P = 176$  В,  $M_{max} = 85$  Н·м,  $J = 0,049$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.

3.5. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка контроллеров.

3.6. Окружающая среда — нормальная.

3.7. Система управления — магнитный контроллер.

3.8. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 4:1.

4. **Содержание пояснительной записки.**

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.6. Заключение.

4.7. Литература.

5. **Перечень графического материала:** общий вид башенного крана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
 доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_” \_\_\_\_\_  
 (подпись) (дата)

### 3.2 Электропривод крана КБ-100.1

Кран КБ-100.1 предназначен для строительства крупнопанельных пятиэтажных зданий и имеет такие же параметры, что и кран КБ-100.0 но выполнен трубчатым.

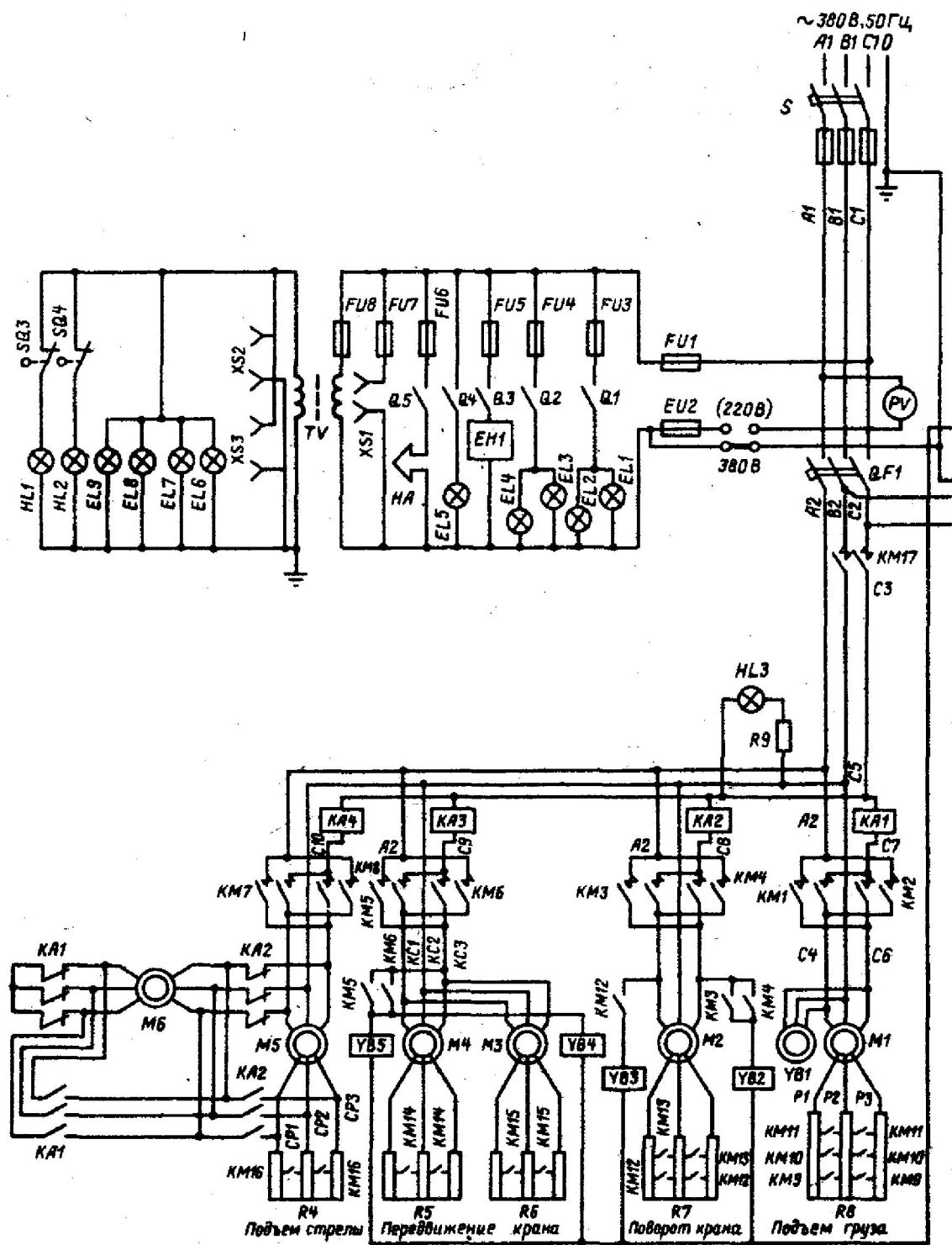
**Электрооборудование крана** размещается на продольных балках, приваренных к кольцевой раме. Принципиальная электрическая схема крана КБ-100 на напряжение 380 В приведена на рисунке 8.

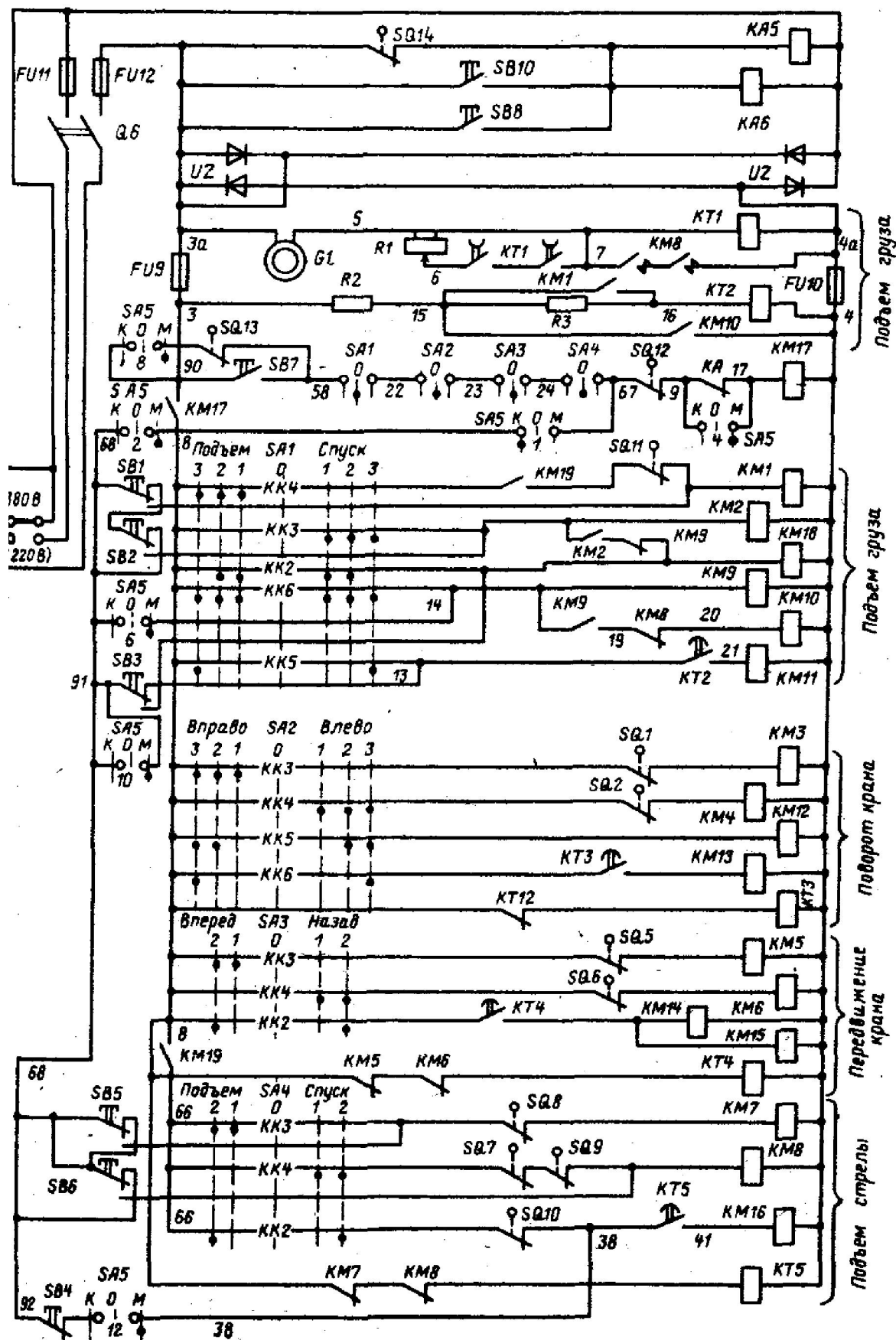
**Силовая цепь.** От строительного рубильника фазы А1, В1, С1 и нулевой провод подаются на вводный ящик S1, установленный на ходовой раме крана, а далее через токосъемник в шкаф электрооборудования на зажимы автоматического выключателя QF1 (нулевой провод крепится на каркасе шкафа).

Ток фазы А1, пройдя через автоматический выключатель QF1, под обозначением А2 идет на контакторы реверса: грузовой лебедки — КМ1 и КМ2, механизма поворота — КМ3 и КМ4, механизма передвижения — КМ5 и КМ6, стреловой лебедки — КМ7 и КМ3. Ток фаз В1 и С1 после автоматического выключателя под обозначением фаз В2 и С2 подается на неподвижные контакты линейного контактора КМ17. При включении линейного контактора ток фазы В2 под обозначением С5 (прямая фаза) подается на статоры электродвигателей: подъема — М1, тормоза ТКТГ-300 грузовой лебедки — УВ1, механизма поворота — М2, механизма передвижения — М3 и М4, стреловой лебедки — М5 и через контакты промежуточного реле КА2 на статор электродвигателя М6 тормоза стреловой лебедки. Ток фазы С2, пройдя контактор, под обозначением С3 поступает на катушки максимальных реле всех электродвигателей: КА1 — максимального реле электродвигателя подъема М1 и после катушки, под обозначением С7 — на контакторы КМ1 и КМ2 реверса подъема груза, КА2 — максимального реле электродвигателя Поворота М2 и после катушки, под обозначением С8 — на контакторы КМ3 и КМ4 реверса механизма поворота, КА3 — максимального реле электродвигателей передвижения М3 и М4 и после катушки, под обозначением С9 — на контакторы КМ5 и КМ6 реверса механизма передвижения, КА4 — максимального реле электродвигателя стрелы М5 и после катушки, под обозначением С10 — на контакторы КМ7 и КМ3 реверса стреловой лебедки.

При включении контактора КМ1 или КМ2 ток фаз А2 и С7 по проводам С4 и С6 подается на статор электродвигателя М1 грузовой лебедки и на статор электродвигателя тормоза УВ1, и электродвигатели включаются.

Изменение направления вращения (реверсирование) электродвигателя М1 осуществляется в результате перемены двух фаз: при включении контактора КМ1 на статор электродвигателя по проводу С4 подается ток фазы С7, а по проводу С6 — ток фазы А2, при включении контактора КМ2 по проводам С4 и С6 соответственно подаются токи фаз А2 и С7. Направление вращения электродвигателя М1 выбрано так, чтобы при включении контактора КМ1 лебедка работала на подъем, а при включении КМ2 — на спуск.





G1 - генератор вихревой тормозной ТМ-4; М1-М5 - электродвигатели МТВ-411-8С, 16 кВт, МТ-111-6, 3,5 кВт, МТВ-211-6, 7,5 кВт; М6 - электродвигатель тормоза ТКТГ, АМ, 0,2 кВт; QF1 - выключатель автоматический АЗ114/1 на 100 А; SA5 - универсальный переключатель цепи управления УП-5314С-141 на 380 В, 20 А; S - вводный ящик ЯВ3-22 на 200 А; KM1-KM8 - контакторы реверса КПД-121А; KM1-KM9, KM9-KM16 - контакторы управления КПД-ША;

КМ17 - контактор линейный КПД-ЩА; КМ18 –контактор включения генератора КПД-121А; КТ1—КТ5 - реле времени РЭВ-811; КА5, КА6 - реле промежуточные ЭП-41/33Б, управление стреловым тормозом; КА1-КА4 - реле максимального тока РЭО-401 на 10 и 40 А; SQ1 – SQ11, SQ14 – выключатели конечные КУ-501 на 500 В, 10 А, ВУ-250А на 500 В, 2 А, КУ-504 на 500 В, 10 А, ВК-211 на 500 В, 6 А, КУ-701 (вторые контакты выключателя ОГП); SQ12, SQ33 - аварийные выключатели в кабине и на выносном монтажном пульте ВУ-222 на 500 В, 20 А; SA1—SA4 - командоконтроллеры соответственно КК-8661, КК-8562, КК-8461, КК-8761 на 500 В, 10 А; YB1-YB5 - электрогидравлические и электромагнитные тормоза ТКТГ-3ООМ и МО-100Б; R5—R9- пускорегулирующие резисторы НФ-2, НК-1, УК-6; Q3—Q5 - пакетные выключатели ПВ2-0; R1 -резистор обмотки возбуждения генератора СР-200; R2, R3 - добавочные резисторы ПЭ-50 соответственно на 600 и 250 Ом; SB1-SB3 - кнопки управления приводом механизма подъема груза на выносном монтажном пульте КУ-1; SB4, SB5 — кнопки управления приводом механизма изменения вылета стрелы на выносном пульте КУ-1; SB6 - кнопка управления в кабине, КУ-1; SB7, SB8,-кнопки управления тормоза, на выносном монтажном пульте соответственно КУ-2 и КУ-1; FU1, FU2, FU5- FU10 - предохранители плавкие установочные ПК-45-2 с плавкой вставкой 2 А; КА - вспомогательный контакт реле; КМ20 -контакты ограничителя грузоподъемности типа ОГП-1; UZ - селеновый выпрямитель ВСД-6 на 220 В, 2 А (одного столбика), кат.№2ТД.930.024Л; PV -вольтметр Э-30, 0-450 В; HL1 - сигнальная лампа положения линейного контактора; EL1-EL4 - прожекторы ПЗМ-45 на 220 В, 1 кВт, ПЗМ-35 на 220 В, 500 Вт; EL5-EL8 - светильники освещения лестницы в колонне С-131; EL9 - плафон освещения кабины СЖ-6 на 220 В, 60 Вт; EL10, EL11 - световое табло положения поворота ТС-2; TV -. трансформатор понижающий ОСО-0,25; EH - электроприбор нагрева кабины ПТ-102 на 220 В; R4 — трубчатый проволочный резистор ПЭ-15 на 3500 Ом; HA - сирена РВП20 на 220 В; XS1-XS3 - штепсельные розетки РПК-6 на 250 В, 6 А; SB10 - кнопка управления; остальное - контакты

### **Рисунок 8 - Принципиальная схема электрооборудования крана КБ-100.1**

Индуктированный ток ротора снимается с роторных колец при помощи щеточного механизма и по проводам Р1, Р2, Р3 поступает на вводные контакты резистора (роторного сопротивления). Вводные контакты резистора соединены в звезду. Роторное сопротивление разбито на четыре ступени. К контакторам первой ступени подключены провода, концы которых присоединены к контактам контактора КМ9. Контакты второй ступени соединены проводами с контактами контактора КМ10, а третьей ступени — проводами с контактами контактора КМ11.

Контакторы КМ9, КМ10 и КМ11 (контакторы ускорения) служат для изменения сопротивления в цепи ротора электродвигателя М1; контактор КМ9 при включении шунтирует первую ступень сопротивления, контактор КМ10 — вторую ступень, контактор КМ11 — третью ступень.

При включении контактора КМ11 в цепи ротора электродвигателя М1 остается очень небольшое, так называемое не выключаемое сопротивление, которое предназначено для ограничения пускового тока.

Включение электродвигателей поворота, передвижения и стреловой лебедки осуществляется аналогично описанному выше включению электродвигателя грузовой лебедки, а направление вращения электродвигателей при включении контакторов производится следующим образом: КМ3 — кран поворачивается вправо, КМ4 — кран поворачивается влево, КМ5 — кран движется вперед, КМ6 — кран движется назад, КМ7 - стреловая лебедка работает на подъем, КМ8 — стреловая лебедка работает на спуск. Роторные цепи механизмов поворота, передвижения и стреловой

вой лебедки выполнены аналогично роторной цепи грузовой лебедки, но сопротивление электродвигателя поворота разбито на три ступени (две шунтируются, третье — не выключаемое сопротивление), сопротивления электродвигателей механизма передвижения и стреловой лебедки разбито каждое на две ступени (одна шунтируется, вторая — не выключаемое сопротивление). Помимо этого, параллельно с сопротивлением электродвигателя М5 стреловой лебедки проводами включены контакты промежуточного реле КА1.

**Тормозные устройства.** Электродвигатель электрогидравлического толкателя тормоза ТКТГ-300 М6 грузовой лебедки одключен параллельно с электродвигателем М1 грузовой лебедки. Катушки электромагнитов УВ5 и УВ4 тормозов механизма передвижения подключены одним проводом к фазе статора электродвигателя М3 через вспомогательные контакты КМ5 и КМ6, а вторым проводом — к нулевому проводу. Катушки электромагнитов УВ3 и УВ2 тормоза механизма поворота подключены к нулевому проводу и через вспомогательные контакты КМ3, КМ4 или КМ12 к фазам электродвигателя поворота. Тормозной электромагнит УВ2 растормаживает механизм поворота одновременно с включением электродвигателя М2. Тормозной электромагнит УВ3 включается только со второго положения контроллера, а в первом положении выключен и притормаживает шкив, обеспечивая плавный разгон и остановку тормозной системы. Электродвигатель М6 тормоза стреловой лебедки питается через контакты промежуточного реле КА2, причем, если реле включено, электродвигатель тормоза М6 питается параллельно со статором электродвигателя М5 стреловой лебедки.

При включении реле КА2 питание электродвигателя М6 осуществляется от роторной обмотки электродвигателя М5 стреловой лебедки.

Частота индуцированной ЭДС ротора является переменной величиной, обратно пропорциональной частоте вращения ротора. Следовательно, частота вращения электродвигателя М6 тормоза при питании его от обмотки ротора электродвигателя М5 будет прямо пропорциональна частоте тока ротора. Таким образом, при неподвижном (заторможенном) электродвигателе М5 стреловой лебедки частота тока в его роторе будет равняться частоте сети, следовательно, электродвигатель тормоза разовьет максимальную частоту вращения, растормозив тормоз, и стреловая лебедка начнет работать. Концы обмотки электродвигателя М6 выведены на промежуточное реле КА1, которое переключает обмотку двигателя М6 со звезды (при выключенном реле) на треугольник (при включенном реле) в случае питания крана от сети напряжением 380 В, так как напряжение ротора электродвигателя М5 близко к 220 В.

Катушки реле КА1 и КА2 соединены параллельно и включаются либо педалью выключателя 0Q11, расположенной в кабине управления, либо кнопкой SB4, расположенной на выносном монтажном пульте.

Малая скорость стреловой лебедки автоматически выключается конечным выключателем SQ10 при подходе стрелы к крайнему верхнему положению, чтобы избежать нежелательного толчка при остановке стрелы на минимальном вылете. Одновременно с переключением электродвигателя М6 на питание от ротора электродвигателя М5 конечный выключатель SQ10 разрывает цепь контактора КМ16, и в цепь ротора электродвигателя М5 вводится сопротивление.

**Цепи управления и защиты.** Цепи управления крана по роду тока делятся на два участка: общая цепь управления, работающая на переменном токе напряжением 220 В (от автоматического выключателя QF1 до селеновых выпрямителей UZ, и цепь после селеновых выпрямителей, работающих на постоянном токе напряжением 170 В.

При включении рубильника вводного ящика S и автоматического ; выключателя QF1 напряжение подается через пакетный выключатель Q6 и плавкие предохранители FU11 и FU12 на конечный выключатель SQ10, на педаль выключателя Q11, кнопку SB4 выключения промежуточных реле КА1 и КА2 управления стреловым тормозом и на селеновый выпрямитель UZ. Выпрямленный на селеновых выпрямителях постоянный ток напряжением 170 В поступает по линиям 3а и 4а на:

1) реле торможения КТ1 по цепи: провод 3а — обмотка возбуждения генератора G1 — провод 5 — сопротивление R1 — провод 7 — контакт реле КТ-1 — контакт КМ8 — провод 4а. Реле КТ1 включается, его контакты (замыкающие, с выдержкой времени при размыкании) вводят часть сопротивления К1, на обмотку возбуждения генератора G1 подается напряжение по цепи: провод 3а — обмотка генератора G1 — провод 5 — сопротивление R1 — провод 6 — контакты КТ1 — провод 7 — катушка КТ1 — провод 4а. При этом ток настолько мал, что генератор практически не создает тормозного момента;

2) плавкие предохранители FU9 и FU10, установленные для защиты селеновых выпрямителей. После предохранителей обозначение проводов изменяется: 3а на 3 и 4а на 4;

3) реле ускорения КТ2 по цепи: провод 3 — сопротивление R2 -провод 5 — сопротивление R3 — провод 16 — катушка КТ2 — провод 4.

Реле ускорения КТ2 включается и размыкает цепь катушки контактора КМ11 (участок 13-21);

4) катушку линейного контактора КМ17 по цепи до катушки линейного контактора.

Сопротивление R2 (600 Ом) необходимо для снижения напряжения так как катушка реле ускорения КТ2 выполнена на напряжение 110 В и является нагрузкой при замыкании вспомогательного контакта КМ10 в цепи этой катушки. Сопротивление R3 (250 Ом) служит для автоматического изменения выдержки времени реле КТ2 при включении привода в положение "Подъем" и "Спуск" груза.

**Цепь катушки линейного контактора.** О с н о в н а я ц е п ь (см. рисунок 1). При нажатии кнопки SB7 включается катушка линейного контактора КМ 17 по цепи: провод 3 — кнопка SB7 — провод 58 — нулевой контакт командоконтроллера SA1 — провод 22 — нулевой контакт командоконтроллера SA2 - провод 23 - нулевой контакт командоконтроллера SA3 — провод 24 - нулевой контакт командоконтроллера SA4 — провод 67 — аварийный выключатель SQ12 — провод 9 - контакт максимального реле КА — провод 17 — катушка контактора КМ17 -провод 4.

**Ц е п ь б л о к и р о в к и.** При включении контактора КМ17 замыкается его контакт КМ17 в цепи управления и (при отпуске кнопки SB7) питание катушки КМ17 осуществляется по цепи: провод 3 — контакт КМ17 - провод 8 — контакт 1 универсального переключателя SA5 — провод 67 — аварийный выключатель SQ12 — провод 9 - контакт реле КА — катушка КМ17 — провод 4.

**Цепь при работе с выносного монтажного пульта.** Рукоятку универсального переключателя SA5 устанавливают в положение М, при этом контакт / универсального переключателя 8А5 размыкается, а контакты 4 и 8 замыкаются.

Питание катушки КМ17 происходит по основной цепи, но кнопка 8В7 заблокирована по цепи: провод 3 — контакт 8 переключателя SA5 -провод 90 — аварийный выключатель выносного монтажного пульта SQ13 — провод 58. Включение и отключение линейного контактора осуществляют аварийным выключателем SQ13. Если цепь блокировки разорвана (контакт 1 переключателя SA5 разомкнут), рукоятки всех командоконтроллеров должны быть установлены в нулевое положение, и управление из кабины в этом случае невозможно.

Контакт блока максимальных реле КА заблокирован контактом 4 переключателя SA5, что устраняет срабатывание реле при управлении двигателем грузовой лебедки с монтажного пульта.

**Управление краном из кабины.** Рукоятка универсального переключателя SA5 установлена в положение К. Контакты 2, 4, 6, 8, 10 и 12 SA5 разомкнуты, а контакт 1 замкнут. При включении линейного контактора КМ17 питание через его замкнувшийся вспомогательный контакт поступает на провод 8. В данном случае включаются реле времени КТ3, КТ5 и КТ4, разрывая цепи катушек контакторов КМ13, КМ16, КМ14 и КМ15. Через контакт КА ограничителя веса груза происходит питание провода 66. Цепи контакторов реверса и ускорений механизмов крана замыкаются кулачковыми элементами соответствующих командоконтроллеров.

**Управление краном с выносного монтажного пульта.** Универсальный переключатель SA5 устанавливают в положение М; его контакты 2, 4, 6, 8, 10, 12 замкнуты, а контакт 1 разомкнут.

При включении линейного контактора КМ17 через его вспомогательный контакт подается питание на провод 8. При этом включаются реле времени КТ3, КТ4, КТ5. Через контакт 2 переключателя SA5 подается питание на провод 68. Включается контактор КМ9 по цепи: провод 68 — контакт 6 переключателя SA5 - провод 14 — катушка КМ9 — провод 4. Включается контактор КМ10, так как вспомогательный контакт КМ9 замыкается, и на катушку КМ10 поступает питание по цепи: провод 14 - вспомогательный контакт КМ9 - провод 19 — вспомогательный контакт КМ8 - провод 20 — вспомогательный контакт КМ10, который, замыкаясь, шунтирует катушку КТ2 — добавочное сопротивление R2. Через 0,35 с после этого контакт КТ2 замыкается и включается контактор КМ1 по цепи: провод 68 — контакт 10 переключателя SA5 - провод 91 — кнопка SB3 — провод 13 — контакт КТ2 — провод 21 - катушка КМ11 — провод 4. Питание провода 66 осуществляется через контакт КМ19 ограничителя грузоподъемности.

Включение контакторов реверса грузовой и стреловой лебедок, контактора генератора, а также управление стреловым тормозом производятся при помощи кнопок, которые расположены на монтажном пульте управления.

**Цепь освещения и сигнализации.** Напряжение цепи освещения снимается с входных зажимов автоматического выключателя QF1. В цепь освещения и сигнализации включены прожекторы стрелы EL1 и EL2, прожекторы EL3 и EL4, установленные на поворотной платформе крана, электропечь обогрева кабины ЕН, лампа освещения кабины ЕВ3, звуковой сигнал НА и штепсельная розетка Х51 в кабине управления. Звуковой сигнал НА включается ножной педалью 05, а прожекторы, лампа EL5 и электропечь — пакетными выключателями, установленными на световом щитке кабины. Со вторичной обмотки пони-

жающего трансформатора TV снимается напряжение 12 В. От вторичной обмотки трансформатора питаются штепсельные розетки XS3 в кабине и XS2 в шкафу управления для питания переносных ламп аварийного освещения, лампы EL6, EL7, EL8 и EL9, освещение лестницы внутри колонны крана, сигнальные лампы HL1 и HL2, сигнализирующие о подходе крана при повороте к крайнему положению. Лампы включаются конечными выключателями SQ3 и SQ4. Конечные выключатели SQ 3 и SQ4 регулируют так, чтобы лампы HL1 и HL2 загорались при повороте не менее чем на 30° до крайнего положения при повороте крана вправо и влево.

**Защита электроаппаратов,** механизмов и электродвигателей крана осуществляется при помощи максимальных реле, плавких предохранителей и конечных выключателей.

Электродвигатели механизмов крана защищены от токов короткого замыкания и токов перегрузок максимальными реле, катушки которых включены последовательно в одну из фаз каждого электродвигателя. Ток уставок максимальных реле отрегулирован на 2-2,25-кратный номинальный ток соответствующего электродвигателя (для механизма передвижения принимают сумму номинальных токов двух двигателей). Цепи управления и освещения защищены плавкими предохранителями.

Защита общей питающей цепи крана осуществляется автоматическим выключателем QF1, расцепители которого отрегулированы заводом-изготовителем и в процессе эксплуатации не регулируются, и плавкими предохранителями вводного ящика S с плавкими вставками, рассчитанными на ток 200 А.

Защита от самопроизвольного включения механизмов крана осуществлена последовательным включением нулевых контактов каждого командоконтроллера в цепь катушки линейного контактора КМ17, который может быть включен только после установки всех командоконтроллеров в нулевое положение.

Защита от перехода механизмами крайних положений осуществлена конечными выключателями, контакты которых последовательно включены в цепи катушек соответствующих контакторов.

Конечный выключатель SQ12 размыкается при подходе крюковой обоймы к стреле. Конечные выключатели SQ1 и SQ2 размыкаются при крайнем соответственно правом или левом положении поворотной платформы. Конечные выключатели SQ5 и SQ6 размыкаются в крайнем положении при движении крана соответственно вперед или назад. Конечные выключатели SQ8 и SQ9 размыкаются соответственно при крайнем верхнем или нижнем положении стрелы. Конечный выключатель SQ10 регулируется на срабатывание за 3 м до подхода стрелы к крайнему верхнему положению.

Контакты ОГП ограничителя грузоподъемности ОГП-1 размыкаются при подъеме груза, вес которого, на 10 % превышает номинальную грузоподъемность крана.

Контроль за напряжением питающей сети осуществляется по показанию вольтметра PV. Сигнальная лампа HL1 загорается при включении линейного контактора КМ 17. Вольтметр и сигнальная лампа включены в разные фазы, поэтому по ним можно контролировать исправность всех фаз питающей сети.

Все металлические корпуса аппаратов, электродвигателей и светильников имеют электрический контакт с металлоконструкцией крана. Заземление металлоконструкции крана осуществляется через подкрановый путь. Дополнительно к ме-

таллоконструкции крана присоединяют четвертый провод питающего кабеля, соединенный с общей сетью заземления.

**Переключение электрооборудования крана на напряжение 220 и 380 В.** В зависимости от напряжения сети кран может работать на напряжении 220 и 380 В.

**Напряжение питающей сети 220 В.** Электродвигатели М1-М5 и УВ1 включают по схеме треугольника.

Электродвигатель М6 включают по схеме треугольник при помощи промежуточного реле КА1, которое вручную переводят в положение "Включено" и заклинивают в этом положении. Катушку реле отключают от сети.

Цепи управления и освещения переключают установкой разъемных перемычек на контакты (220 В). Тормозные электромагниты питаются от цепи управления и в переключения не нуждаются.

**Напряжение питающей сети 380 В.** Электродвигатели М1-М5 и электродвигатель тормоза УВ1 переключаются на схему звезды. Электродвигатель М6 переключается на схему звезды при помощи промежуточного реле КА1. Подвижная часть реле расклинивается и опускается в нормальное положение (нижние три контакта замыкающие, верхние три размыкающие). Катушка реле присоединяется к сети.

Цепи управления и освещения переключаются установкой разъемных перемычек на контакты (380 В). Тормозные электромагниты питаются от цепи управления и в переключении не нуждаются.

**Работа привода грузовой лебедки.** Нулевое положение. Включена катушка реле времени КТ1, замыкающая своими контактами часть сопротивления R1, включенного последовательно с обмоткой возбуждения генератора G1 (см. рисунок 1). Обмотка возбуждения генератора находится под напряжением, но генератор практически не создает тормозного момента, так как в цепь включено большое сопротивление.

Катушка включенного реле ускорения КТ2 не рассчитана на напряжение, получаемое на выходе селеновых выпрямителей, поэтому часть напряжения гасится в сопротивлении R2. Контакт реле ускорения разрывает цепь катушки контактора КМ11.

**Первое положение подъема.** Включены контакторы КМ1, КМ9, КМ8. Контакт КМ1 подает питание на статоры электродвигателей М1 лебедки и УВ1 тормоза. Включившись, контактор КМ9 выводит часть сопротивления в роторной цепи электродвигателя М1. При замыкании контактов КМ8 шунтируется катушка реле времени КТ1, реле начинает отсчет времени, а через обмотку возбуждения течет максимальный ток, так как сопротивление цепи невелико. Этот режим носит название форсированного режима генератора. Через 0,6 с реле времени КТ1 срабатывает, его контакты размыкаются, и в цепь обмотки, возбуждения вводится полное сопротивление R1. Генератор переходит в нормальный режим работы, создавая тормозной момент, направленный против крутящего момента электродвигателя.

**Второе положение подъема.** Замкнуты контакторы КМ1 и КМ8. Размыкается контактор КМ9, замыкая своим вспомогательным контактом цепь катушки КМ10. Главные контакты контактора КМ10 выводят часть роторного сопротивления электродвигателя М1. Замыкающий вспомогательный контакт КМ10 шунтирует катушку реле времени КТ2. Контакт реле КТ2 в цепи контактора КМ11 замыкается с выдержкой времени, тем самым подготавливая контактор к работе в третьем положении. Частота вращения электродвигателя увеличивается, так как генератор выключен и выведена еще одна ступень роторного сопротивления.

**Третье положение подъема.** Замкнуты контакторы КМ1, КМ9 и КМ10. Замыкается контактор КМ11, закорачивая часть роторного сопротивления. Частота вращения электродвигателя близка к номинальной, так как в цепи ротора имеется лишь небольшое не выключаемое сопротивление.

**Первое положение спуска.** Включено реле ускорения КТ2. Замыкается контактор КМ2, включая тормоз и электродвигатель для работы на "Спуск". Замыкается контактор КМ8, переводя генератор вначале в форсированный, а затем в номинальный режим работы. Электродвигатель в этом случае работает с полным сопротивлением в цепи ротора. Совместная работа двигателя и генератора позволяет осуществлять спуск груза со скоростью около 4 м/мин.

**Второе положение спуска.** Включены контакторы КМ2 и КМ8. Включается контактор КМ9, выводя часть роторного сопротивления. Совместная работа электродвигателя и генератора служит для получения промежуточной скорости, равной 10—12 м/мин.

**Третье положение спуска.** Замкнуты контакторы КМ2 и КМ9. Размыкается контактор КМ8, отключая генератор и замыкая своим контактом цепь катушки КМ10. Включаясь, контактор КМ10 выводит часть роторного сопротивления электродвигателя и своим контактом шунтирует катушку реле времени КТ2, в результате чего якорь реле отпадает с выдержкой времени 0,35 с, замыкая цепь катушки КМ11. Включаясь, контактор КМ11 выводит сопротивление ротора, за исключением не выводного сопротивления. При размыкании контакта КМ8 катушка реле КТ1 включается, замыкая своими контактами часть сопротивления R1 и подготавливая цепь генератора к новому включению.

В зависимости от веса груза электродвигатель работает при частоте вращения, несколько меньшей синхронной (при опускании легких грузов) или несколько превосходящей синхронную (при опускании тяжелых грузов). Для регулирования выдержки времени реле КТ2 при включении электродвигателя на подъем и спуск служит включенное последовательно с катушкой КТ2 сопротивление R3. При включении электродвигателя на подъем сопротивление R3 выключается замыкающим контактом КМ1, ток в цепи реле увеличивается, что вызывает увеличение выдержки времени реле до 0,6 с.

Для создания нормальных условий привода с вихревым тормозным генератором необходимо опустить груз при первом положении спуска на расстояние не более 1 м, при втором положении на расстояние не более 4 м и первое положение подъема использовать только для натягивания стропов зачалочного груза.

С минимальной выдержкой времени (0,3—0,5 с) следует проходить первое положение при повторном включении лебедки на подъем с тяжелым грузом на крюке. На втором положении подъема длительная работа недопустима из-за сильного нагрева резисторов, включенных в цепь ротора. Третье положение подъема или спуска является основным, рабочим положением и ограничений не имеет.

**Работа привода при управлении с монтажного пульта.** Управление механизмами крана с монтажного пульта осуществляется только во время монтажа или демонтажа крана. При установке рукоятки универсального переключателя SA5 (см. рисунок 1) в положение М замыкаются его контакты 2, 6, 10 и включаются контакторы КМ9, КМ10, КМ11.

Лебедкой управляют при помощи кнопок с выносного пульта. При нажатии кнопки SB1 лебедка включается на подъем, при нажатии кнопки SB2 — на спуск. Для получения малой скорости подъема или спуска необходимо дополнительно нажать кнопку SB3. При этом размыкается цепь контактора КМ11 и замыкается цепь контактора КМ8, который

включает рабочий ток обмотки генератора и одновременно разрывает вспомогательный контакт в цепи катушки КМ10. Остаются включенными контакторы КМ1 (или КМ2), КМ8 и КМ9, что соответствует первому положению подъема или второму положению спуска.

**Работа привода стреловой лебедки.** Нулевое положение. Включено реле КТ5. Контакт реле в цепи катушки контактора КМ16 разомкнут. Контакт ОГП замкнут.

**Первое положение подъема.** Замыкается цепь катушки КМ7. Контактор подает питание на электродвигатель лебедки М5 и электродвигатель тормоза М6. Размыкается вспомогательный контакт КМ7 в цепи катушки реле времени КМ5. Якорь реле отпадает с выдержкой времени 0,3 с и замыкает участок цепи катушки КМ16, подготавливая ее к работе во втором положении. Электродвигатель работает с полным сопротивлением в цепи ротора.

**Второе положение подъема.** Замыкается кулачковый элемент 2 командорконтроллера SA4. Включается контактор КМ16, закорачивая сопротивление двигателя М5. Скорость изменения вылета достигает номинального значения.

Работа привода стрелы при спуске аналогична работе при подъеме. Работа приводов механизмов поворота и передвижения аналогична описанной работе стреловой лебедки, но у командоконтроллера механизма поворота три рабочих положения.

При установке рукоятки универсального переключателя SA5 (см. рисунок 1) в положение М замыкается его контакт 12. Реле времени КТ5 включено, и его контакт в цепи катушки КТ5 разомкнут. Провод 68 находится под напряжением.

**Подъем стрелы.** При нажатии кнопки SB5 включается контактор КМ7, который подает питание на статоры электродвигателей М5 лебедки и М6 стрелового тормоза. Вспомогательный контакт КМ7 размыкается, разрывая цепь катушки реле КТ5. Контакт КТ5 замыкается с выдержкой времени 0,3 с, замыкая цепь катушки контактора КМ16. Контактор КМ 16 включается по цепи: провод 68 - кнопка 8В4 — провод 92 — контакт 12 универсального переключателя — провод 38 - контакт КТ5 - провод 41 - катушка КМ 16 - провод 4, закорачивая сопротивление электродвигателя М5.

Для получения малой скорости подъема стрелы необходимо одновременно с кнопкой SB5 нажать кнопку SB7. При этом включаются реле КА1 и КА2, переводя электродвигатель М6 на питание от ротора электродвигателя М5, а контактор КМ16 отключается, вводя в цепь ротора электродвигателя М5 полное сопротивление. Привод стреловой лебедки на спуск работает аналогично.

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО ТулГУ  
ИВТС им. В. П. Грязева  
Кафедра “Электроэнергетика

## ЗАДАНИЕ

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 8: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ-160.2”.**
2. Срок предоставления к защите “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 г.
3. Исходные данные для проектирования.
  - 3.1. Источник питания — внешняя сеть переменного тока.
  - 3.2. Род тока переменный тока трёхфазный, 220/380 В, 50 Гц.
  - 3.3. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.
    - 3.3.1. Электродвигатель привода грузовой лебёдки (подъём груза) — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 412-6, 220/380 В,  $P_H = 30$  кВт,  $n_H = 970$  об/мин,  $I_{H.C.} = 75$  А,  $\cos \varphi_H = 0,71$ ,  $\eta_H = 0,855$ ,  $I_{H.P.} = 73$  А,  $U_P = 255$  В,  $M_{max} = 932$  Н·м,  $J_P = 0,675$  кг·м<sup>2</sup>.
    - 3.3.2. Электродвигатель механизма поворота крана — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 112-6,  $P_H = 5$  кВт, 220/380 В,  $n_H = 930$  об/мин,  $I_{H.C.} = 4,4$  А,  $\cos \varphi_H = 0,7$ ,  $\eta_H = 0,75$ ,  $I_{H.P.} = 15,7$  А,  $U_P = 216$  В,  $M_{max} = 137$  Н·м,  $J_P = 0,067$  кг·м<sup>2</sup>.
    - 3.3.3. Электродвигатели механизма передвижения крана — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 111-6, 220/380 В,  $P_H = 3,5$  кВт,  $n_H = 895$  об/мин,  $I_{H.C.} = 10,4$  А,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,70$ ,  $I_{H.P.} = 15$  А,  $U_P = 176$  В,  $M_{max} = 85$  Н·м,  $J_P = 0,049$  кг·м<sup>2</sup>.
    - 3.3.4. Электродвигатель механизма стрелы — асинхронный с фазным ротором типа МТН 411-8,  $P_H = 15$  кВт, 220/380 В,  $n_H = 705$  об/мин,  $I_{H.C.} = 43$  А,  $\cos \varphi_H = 0,67$ ,  $\eta_H = 0,79$ ,  $I_{H.P.} = 48$  А,  $U_P = 206$  В,  $M_{max} = 569$  Н·м,  $J = 0,537$  кг·м<sup>2</sup>.
    - 3.3.5. Электродвигатель тормоза стреловой лебёдки — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт,  $n_H = 875$  об/мин,  $I_{H.C.} = 5,2$  А,  $\cos \varphi_H = 0,66$ ,  $\eta_H = 0,61$ ,  $M_{max} = 41$  Н·м,  $M_{II} = 41$  Н·м,  $I_{II} = 15$  А,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.
  - 3.4. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.
  - 3.5. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка.
  - 3.6. Окружающая среда — нормальная.
  - 3.7. Система управления — магнитный контроллер.

3.8. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 2,5:1.

4. Содержание пояснительной записки.

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.6. Заключение.

4.7. Литература.

5. Перечень графического материала: общий вид башенного крана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ Косырихин В.С.  
канд. техн. наук, доцент (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_” \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
(подпись) (дата)

## 2 Электропривод крана КБ-160.2

Кран КБ-160.2 (рисунок 9) предназначен для механизации строительства крупнопанельных зданий высотой до 16 этажей. Он рассчитан для работы от электрической сети трехфазного переменного тока с линейным напряжением 220 В или 380 В. Цепи управления электроприводами выполнены на постоянном токе напряжением 170 В, вспомогательные цепи — на переменном токе напряжением 220 В. Для ремонтного освещения и звуковой сигнализации установлен понижающий трансформатор с напряжением на низкой стороне 12 В.

**Электрооборудование крана.** Питание подается от сети гибким кабелем марки КРПТ сечением  $3 \times 35 + 1 \times 10 \text{ мм}^2$  и длиной 50 м. Кабель подключается к источнику питания, рассчитанному на мощность потребителя, равную 40—50 кВт, и расположенному посередине длины подкранового пути.

В зависимости от напряжения питающей сети в электрической схеме крана следует производить переключения, указанные на рис. 9 в принципиальной схеме электропроводов.

При подключении крана к источникам питания необходимо обеспечить соответствие направлений вращения электродвигателей надписям на контроллерах. В случае несоответствия какие-либо две фазы питающего кабеля меняют местами.

При подготовке цепей управления к работе на кране выполняют следующие операции (см. ссылки на рисунок 9):

1) при питании главной цепи крана напряжением 220 В перемычки 0-24, 0-2, 74-2А заменяют на перемычки ЛЗ2-60 и Л21-100;

2) контакторы КМ8 и КМ9, КМ2 и КМ3, КМ4 и КМ5, КМ1 и КМ20 попарно механически блокируют;

3) пунктиром показывают включение однофазных тормозных электромагнитов при питании крана от сети напряжением 380 В;

4) в случае применения кольцевых токосъемников не применяют конечные выключатели SQ4 и SQ5;

5) сопротивление обогрева аппаратуры R6 применяют только для кранов в исполнении ХЛ;

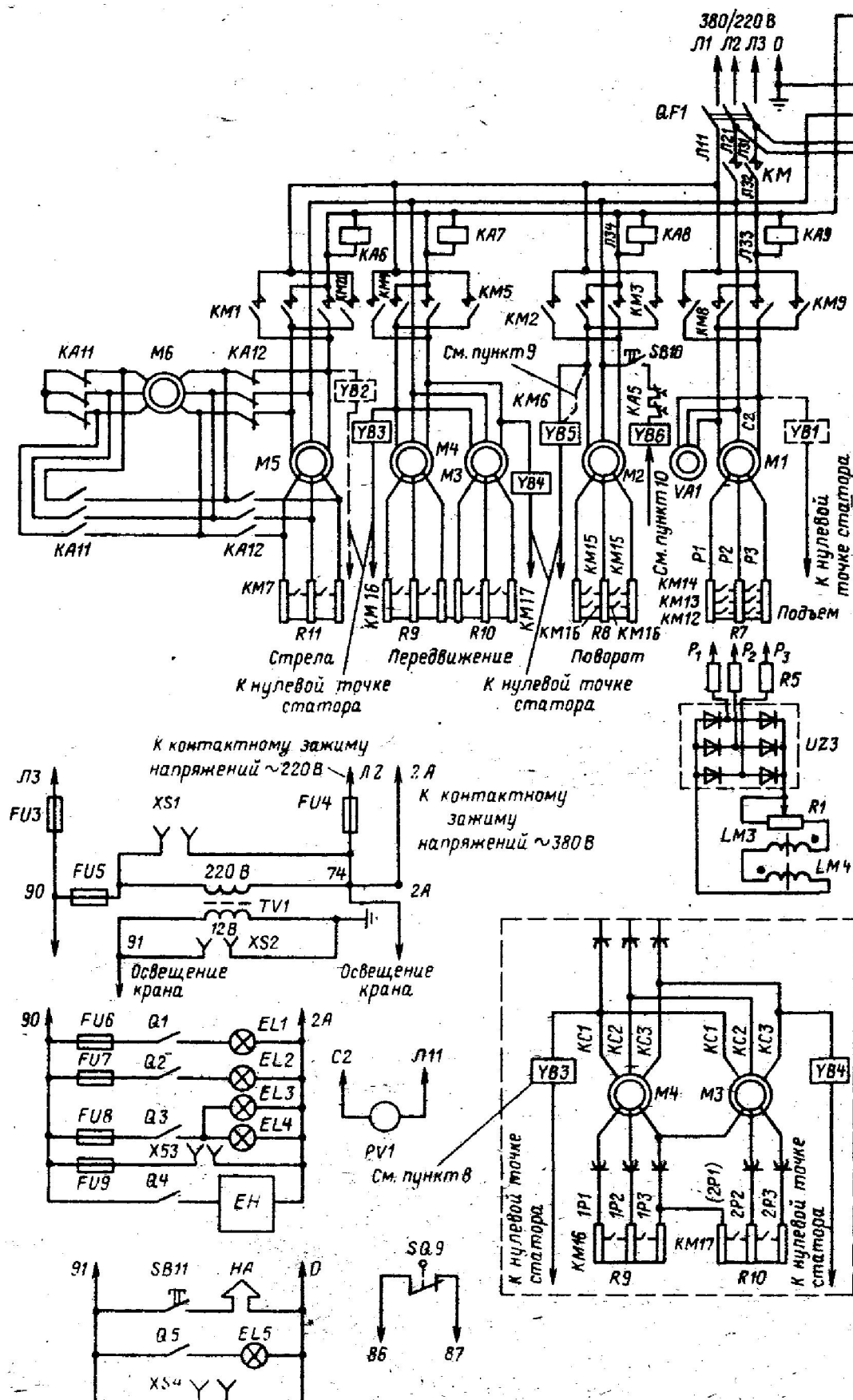
6) при применении в кранах однофазных тормозов серии МО не применяют кнопку SB12, промежуточные реле КА1 и КА2, выключатель SB13, переключатель SA9 и кнопку управления SB11;

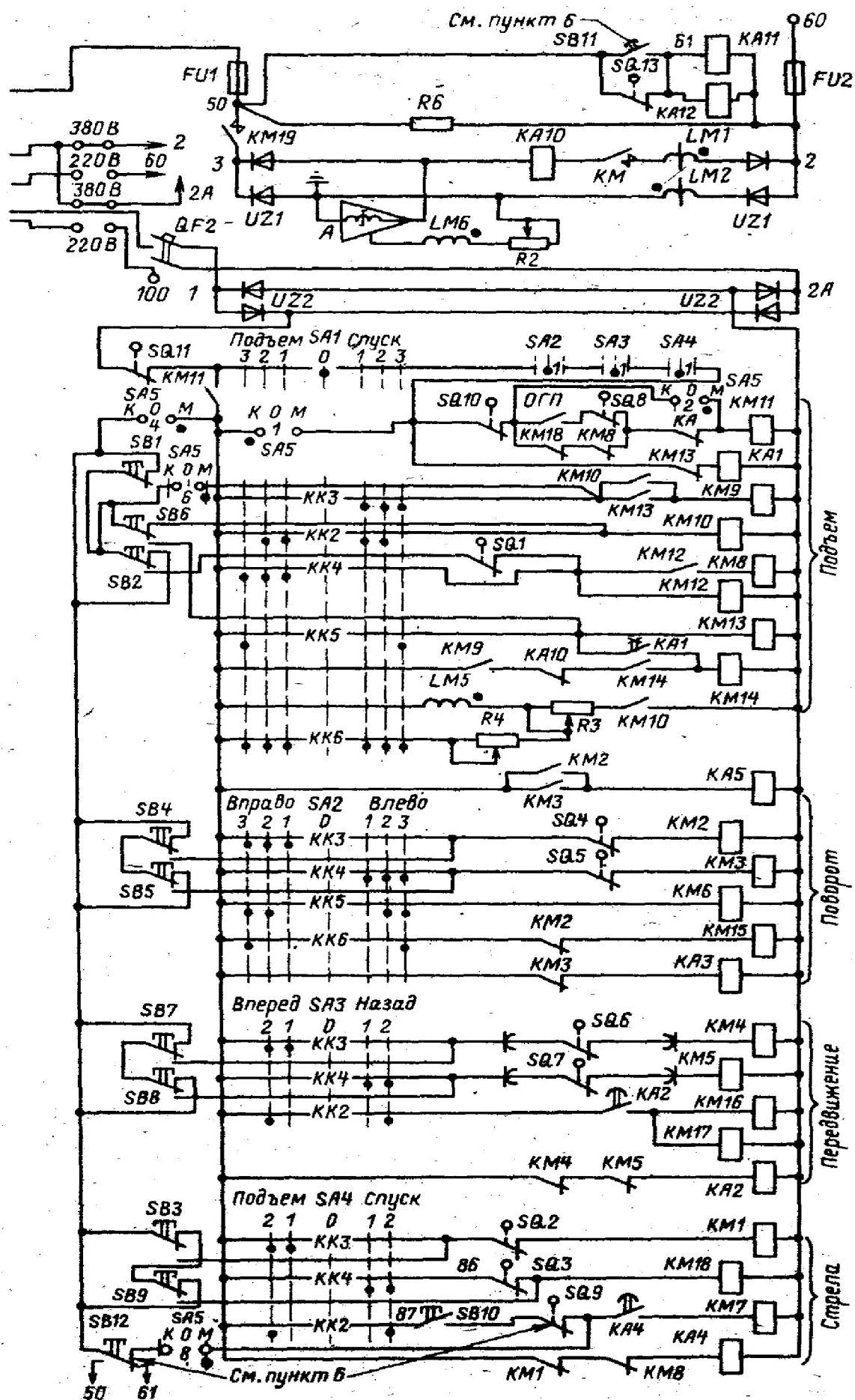
7) башенные краны исполнения ХЛ применяют только с тормозом серии МО;

8) для крана исполнения ХЛ применяют указанную схему соединения электродвигателей механизма передвижения;

9) применяют второй вариант подключения катушки тормоза YB5;

10) при питании крана от сети напряжением 380 В второй контактный зажим катушки электромагнита YB6 присоединяют к общему нулевому проводу крана, а при питании напряжением 220 В подсоединяют к контактному зажиму ЛЗ4.





М1 - электродвигатель грузовой лебедки МТВ-412-6С, 30 кВт, 220/380 В; М2 - электродвигатель - механизма поворота МТ-112-6, 5 кВт, 220/380 В, фланцевый на лапах с двумя концами вала; МЗ, М4 - электродвигатели механизма передвижения МТВ-111-6, 220/380 В, 3,5 кВт, фланцевый на лапах; М5 - электродвигатель механизма стрелы МТВ-4Н-8С, 220/380 В, 16 кВт, фланцевый на лапах, один конец вала конусный; Мб - электродвигатель тормоза стреловой лебедки ТКТ-300 с ТГМ-50; ОР1 - выключатель автоматический АЗ 134 на 220 В с расцепителем на 2,5 А; ОР2 - выключатель автоматический АП50-ЗМТ на 220 В с расцепителем на 2,5 А; КМ1-КМ18 - контакторы КПП-121А на 170 В; КА1-КА4 - реле времени РЭВ-811, катушка на 220 В; КА5 - реле времени РЭВ-814, катушка на 220 В; КАЮ - реле тока РЭВ-830 на 5 А; КАП, КА12 - реле управления стреловым тормозом ЭП-41/33, катушка на 220 В; 501—8<sup>8</sup> - выключатели конечные; 5(210, 8)11 - выключатели аварийные; магнитный контроллер КБК-1, кат. № ЗТД.627.054; 8А1—8А4 - командоконтроллеры соответственно КК-8662, КК-8562, КК-8461, КК-8761; УВ1 - тормоз грузовой лебедки ТКТ-300, электромагнит МОЗООБ; УВ2 - тормоз стреловой лебедки ТКТ-300 с ТГМ-50; УВЗ, УВ4 - тормоза механизма передвижения ТКТ-200/100, электромагнит МО100Б; УВ5, УВ6 — тормоз механизма поворота специальный, электромагнит МО100Б; А - магнитный усилитель УНП2Б-5051; 8А5 - универсальный переключатель УП5313-С283; 1]21 - выпрямитель селеновый 90ДД16А, 1,5 А (для каждого столба); 1/22 - выпрямитель селеновый 100ДД16А, 2 А (для каждого столба); 112.3 - выпрямитель селеновый 60ДД12А, 0,6 А (для каждого столба); К7 - резистор пускорегулирующий БУ-2, кат. № 2ТД.756.011.1; К8, К9 - резисторы пускорегулирующие БУ-22, кат. № 2ТД.752.016.4; К10, К11 - резисторы пуско-регулирующие БУ-22, кат. № 2ТД.752.016.2; ТУ1 - трансформатор понижающий ОСО-0,25 на 250 В-А, 220/12 В; 8А9 - микропереключатель; 8В1 - выключатель педальный; 5В10 - кнопка аварийного торможения; 8В1—8В9, 8В12 - кнопки управления на выносном пульте; БМ5, 1М6 - силовые обмотки магнитного усилителя; 1,М1—1,М4 - обмотки управления магнитного усилителя; ЕБ1 - светильник кабины; ЕБ2—ЕБ4 — прожектора; ЕБ5 — фары; й!—0.5 — выключатели пакетные; НА - сирена; ВВ14 - выключатель сирены педальный; ЕН - нагревательный прибор; Р1Л, Р112 - предохранители ПР-2, плавкая вставка 10 А; Р1/3, РУ4 - предохранители ПР-2 до 60 А, плавкая вставка 30 А; Р1Г5—Р1Г9 - предохранители; К1 - резистор ПЭВР-100 на 240 Ом; К2 - резистор ПЭВР-50 на 200 Ом; КЗ - резистор трубчатый ПЭВР-100 на 62 Ом; К.4 - резистор трубчатый ПЭП-100 на 150 Ом; КЗ, Кб - резисторы; КА — вспомогательный контакт реле РЭО-401; Х51—Х84 - итепсельные розетки; ОГП - контакт реле ОГП-1; РУ1 ~ вольтметр; остальное - контакты

### **Рисунок 9 - Принципиальная схема электрооборудования крана КБ-160.2**

**Электродвигатели и тормоза механизмов.** Для приводов механизмов крана применены крановые электродвигатели с фазными роторами, рассчитанные для работы в повторно-кратковременном режиме. На грузовой и стреловой лебедках устанавливаются либо электрогидравлические тормоза типа ТКТГ, либо тормоза ТКТ.

На механизмах передвижения устанавливаются тормоза типа ТКТ, на механизме поворота — двухступенчатый колодочный тормоз специального исполнения с двумя тормозными магнитами.

Питание электродвигателей осуществляется через вводный рубильник, автоматический выключатель QF1, линейный контактор КМ11 и пускорегулирующую аппаратуру, находящуюся в комплектном магнитном контроллере КБК-1, установленном на поворотной раме крана. Регулирование частоты вращения всех электродвигателей при пуске осуществляется изменением пускорегулирующих сопротивлений резисторов в цепях роторов, а частота вращения электродви-

гателя механизма подъема регулируется дополнительно при помощи тормозной машины.

Для защиты электродвигателей от перегрузок применены четыре электромагнитных максимальных реле КА6—КА9, объединенных в один общий блок; срабатывание любого из реле ведет к размыканию закрытого контакта КА и отключению линейного контактора КМ11.

Цепи управления, освещения и отопления защищены предохранителями с плавкими вставками, указанными в принципиальной электрической схеме.

**Цепи управления.** Питание цепей управления постоянным током осуществляется от селенового выпрямителя UZ2, включенного по мостовой схеме, на напряжение 220 В. Управление краном производится из кабины, а во время монтажа и испытания — с выносного пульта управления. Переключение места управления осуществляется универсальным переключателем SA5, установленным в среднем шкафу магнитного контроллера КБК-1 на поворотной платформе.

Запрещается управлять краном с выносного пульта (за исключением монтажа и испытаний), так как при этом не работают ограничители SQ8 верхнего положения крюка, грузоподъемности ОГП-1 и конечный выключатель нижнего положения стрелы SQ3.

При управлении краном с выносного пульта защита от самозапуска электродвигателей осуществляется включением в цепь питания катушки контактора нулевых контактов всех командоконтроллеров SA1—SA4. Линейный контактор КМ11 можно включать аварийным выключателем SQ11, расположенным в выносном пульте, только в том случае, если все командоконтроллеры поставлены в нулевое положение и аварийный выключатель SQ10 в кабине включен. В случае размыкания контакта КА максимальной защиты и выключения линейного контактора цепь его восстанавливается при установке в нулевое положение командоконтроллера, вызвавшего срабатывание КА.

При управлении краном с выносного пульта включение и выключение линейного контактора производится аварийным выключателем SQ11, при этом SQ10 должен быть включен. Кнопки выносного пульта управления попарно заблокированы от одновременного включения двух контакторов реверсивного пускателя.

**Управление грузовой тележкой** из кабины управления работой электродвигателя М1 с тормозной машиной привода грузовой лебедки осуществляется кулачковым контроллером SA1. Специальный тормоз вихревого типа включается на первой стадии подъема и на двух первых позициях спуска, давая различные посадочные скорости и малую скорость подъема порожнего крюка.

**Подъем и спуск** с выносного пульта управления электродвигателем М1 производятся с помощью кнопок SB2 и SB1 соответственно. При включении кнопки SB1 одновременно включается контактор КМ10 тормозной машины и происходит медленное опускание груза. Для увеличения скорости необходимо нажать кнопку SB6, при этом включится контактор КМ13, а при спуске одновременно отключится контактор КМ10.

Рабочие движения грузовой лебедки ограничены действием ограничителя грузоподъемности ОГП-1 и ограничителя высоты подъема крюка SQ8, вспомогательные контакты которых введены в цепь питания контактора.

При размыкании контакта ОГП - вследствие превышения грузоподъемности - или контакта SQ8 - вследствие подъема крюковой обоймы на недопустимую высоту — разрывается одна из двух параллельных ветвей цепи питания катушки KM11, препятствующая при управлении из кабины подъему груза и опусканию стрелы (другая ветвь, заблокированная контактами KM9 и KM8, при вышеуказанных движениях разомкнута). Для включения линейного контактора KM1 командоконтроллер, вызвавший срабатывание ОГП-1 или SQ8, устанавливается в нулевое положение, при этом электросхема позволяет производить подъем стрелы, опускание крюковой обоймы, а также поворот и передвижение крана.

Запрещается работать механизмом поворота или механизмом передвижения, а также поднимать стрелу с грузом, если срабатывание ограничителя грузоподъемности - произошло при попытке опускания стрелы

Пользоваться механизмом поворота и передвижения в случае срабатывания ОГП-1 можно, если горит зеленая лампа.

**Управление стреловой лебедкой.** Управление работой электродвигателя M5 из кабины осуществляется кулачковым контроллером SA4, педалью SB11 и выключателем SQ9. Подъем и спуск стрелы с выносного пульта управления электродвигателем M5 производятся кнопками SB3 и SB9 соответственно и кнопкой SB12, при этом контактор KM7 включен. Замедленная скорость подъема и, спуска стрелы осуществляется при помощи подтормаживания электрогидротолкателем стреловой лебедки. Включение замедленной скорости производится педалью SB11 из кабины или кнопкой SB12 из выносного пульта управления.

При нажатии на педаль SB11 (или кнопку SB12) включаются реле

КА 11 и КА12, подключающие питание электродвигателя M6 со статора на ротор электродвигателя M5. Реле КА2, кроме того, при питании крана напряжением 380 В переключает статор электродвигателя M6 электрогидротолкателя со схемы звезды на схему треугольника. Подъем и опускание стрелы ограничиваются конечными выключателями SQ2 и SQ3.

Для опускания стрелы крана на колонну из кабины машиниста предусмотрена кнопка SB13, блокирующая конечный выключатель SQ3. Опускание стрелы на высокоподнятую крюковую обойму заблокировано включением в цепь линейного контактора ограничителя SQ8 и вспомогательного замыкающего контакта KM18; при срабатывании контакта SQ8 включение контактора спуска стрелы KM18 приводит к размыканию контакта KM18 в цепи катушки линейного контактора KM11, который размыкается.

В указателе вылета кроме выключателей SQ2 и SQ3 вмонтированы два микропереключателя, обеспечивающих снижение скорости подъема стрелы, начиная с 16-метрового вылета.

При подходе к 16-метровому вылету микропереключатель SQ13 в цепи катушек реле КА11 и КА12 замыкается, а микропереключатель SQ9 в цепи контактора KM7 размыкается, чем обеспечивается работа в режиме подтормаживания и автоматический перевод электродвигателя на первую ступень.

**Управление работой электродвигателей механизма передвижения M3 и M4** из кабины осуществляется кулачковым командоконтроллером SA3, а с выносного пульта — кнопками SB7 и SB8. Движение крана на рабочем участке

подкранового пути ограничено конечными выключателями SQ6 и SQ 7 в цепях катушек контакторов КМ4 и КМ5.

**Управление механизмом поворота** из кабины управления электродвигателем механизма поворота М2 осуществляется кулачковым контроллером SA2 и кнопкой SB10, а с вышнего пульта — с помощью кнопок SB5 и SB4 (левое или правое вращение).

Электрическая схема крана КБ-160.2 отличается от схемы крана КБ-306 (С-981) электроприводом грузовой лебедки, системой управления тормозом стреловой лебедки и отсутствием электроаппаратуры для изменения кратности грузового полиспаста. Кроме того, имеются незначительные различия в цепях освещения и электрообогрева и в схеме переносного монтажного пульта. Для управления всеми механизмами крана применен комплектный магнитный контроллер КБК-1.

Основное отличие электросхемы крана КБ-160.2 состоит в применении новой схемы электропривода грузовой лебедки. В приводе грузовой лебедки крана для получения малой скорости спуска груза применен вихревой тормозной генератор ТМ-4. В то же время в отличие от схем кранов

КБ-100.1 и С-981, где ток возбуждения генератора выбирается по максимальному грузу и не меняется при работе лебедки. В схеме крана

КБ-160.2 предусмотрено автоматическое регулирование тока возбуждения генератора в зависимости от массы груза и частоты вращения электродвигателя лебедки.

Для регулирования тока возбуждения генератора применен однофазный магнитный усилитель. Силовые обмотки магнитного усилителя LM1 и LM2 включены в цепь переменного тока совместно с селеновым выпрямителем UZ1 и обмоткой возбуждения генератора М6 таким образом, что по обмотке М6 течет постоянный ток, значение которого зависит от реактивного (индуктивного) сопротивления обмоток LM1 и LM2. Чем меньше сопротивление обмоток, тем больше ток в обмотке возбуждения генератора. Когда все обмотки управления магнитного усилителя выключены, сопротивление силовых обмоток так велико, что в обмотке возбуждения тормозного генератора практически нет тока.

Если включить в цепь постоянного тока обмотку управления LM5, то увеличится насыщение магнитопровода магнитного усилителя, вследствие чего уменьшится индуктивное сопротивление его силовых обмоток. Ток в обмотке возбуждения генератора увеличится и будет тем больше, чем больший ток будет проходить по обмотке управления LM5.

Для того чтобы ток возбуждения генератора зависел от частоты вращения двигателя, две другие обмотки, обмотки обратной связи LM3 и LM4, включены через выпрямитель UZ3 на кольца ротора электродвигателя М1; напряжение между кольцами ротора тем больше, чем меньше частота вращения электродвигателя, и достигает максимальной величины при неподвижном роторе. Следовательно, ток в обмотках обратной связи будет максимальным при неподвижном роторе и приблизится к нулю при номинальной частоте вращения электродвигателя.

Обмотки LM1 и LM2 включены навстречу обмотке управления LM5 (на рис. 9 начала обмоток обозначены точками) и осуществляют обратную отрицательную связь, т. е. ток обмотки LM5 влияет на сопротивление силовых обмоток. Чем больше ток в обмотках обратной связи, тем слабее влияет обмотка LM5 на си-

ловые обмотки магнитного усилителя, тем больше будет сопротивление силовых обмоток.

Так как с возрастанием частоты вращения ротора ток в обмотках LM1 и LM2 уменьшается, а ток в обмотке управления LM5 остается неизменным, сопротивление силовых обмоток тем меньше, чем больше частота вращения. Следовательно, с увеличением частоты вращения электродвигателя возрастают ток обмотки возбуждения тормозного генератора и его тормозной момент. В этом и заключается автоматическое регулирование тока возбуждения.

Вспомогательная обмотка усилителя LM6 служит для гашения колебаний тока и скорости.

Токовое реле KA10 служит для контроля правильного воздействия аппаратов магнитного контроллера при опускании груза. Катушка реле включена в цепь силовых обмоток усилителя, а его контакты - в цепь катушек контакторов KM9 и KM12.

Пока ток в цепи силовых обмоток не достигнет определенного значения, при котором гарантируется необходимый тормозной момент генератора, реле KA10 не включится, следовательно, не замкнется цепь контактора KM9. При возврате рукоятки из третьего положения реле удерживает контактор KM12 включенным до тех пор, пока в цепи возбуждения ток не достигнет необходимого значения. Этим предотвращается опасное увеличение частоты вращения, возможное при таком переходе на второе положение командоконтроллера. Привод грузовой лебедки крана КБ-160.2 является более совершенным в сравнении с аналогичным приводом лебедок кранов КБ-100.1 и СБ-306 (С-981).

Регулирование тока возбуждения обеспечивает получение более устойчивых скоростей лебедки, повышает полезную нагрузку генератора, уменьшает нагрев электродвигателя, генератора и пускорегулирующего резистора и снижает расход электроэнергии.

**МИНОБРНАУКИ РФ**  
**ФГБОУ ВО ТулГУ**  
**ИВТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра “Электроэнергетика”**

### ЗАДАНИЕ

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 9 **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода башенного крана КБ-306 (С-981)”**.
2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.
3. **Исходные данные для проектирования.**
  - 3.1. Грузоподъёмность — 5 т.
  - 3.2. Источник питания — внешняя сеть переменного тока..
  - 3.3. Напряжение 220/380 В переменного тока.
  - 3.4. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.
    - 3.4.1. Электродвигатель стреловой лебёдки — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 311-8,  $P_H = 7,5 \text{ кВт}$ ,  $n_H = 695 \text{ об/мин}$ ,  $I_{H.C.} = 22,8 \text{ А}$ ,  $\cos \varphi_H = 0,68$ ,  $\eta_H = 0,73$ ,  $I_{H.P.} = 21 \text{ А}$ ,  $U_P = 245 \text{ В}$ ,  $M_{\max} = 265 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $J_P = 0,275 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .
    - 3.4.2. Электродвигатели механизма передвижения — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 111-6,  $P_H = 3,5 \text{ кВт}$ ,  $n_H = 834 \text{ об/мин}$ ,  $I_{H.C.} = 10,4 \text{ А}$ ,  $\cos \varphi_H = 0,73$ ,  $\eta_H = 0,70$ ,  $I_{H.P.} = 15 \text{ А}$ ,  $U_P = 176 \text{ В}$ ,  $M_{\max} = 85 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $J_P = 0,049 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .
    - 3.4.3. Электродвигатель механизма поворота — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 112-6,  $P_H = 5 \text{ кВт}$ ,  $n_H = 930 \text{ об/мин}$ ,  $I_{H.C.} = 4,4 \text{ А}$ ,  $\cos \varphi_H = 0,7$ ,  $\eta_H = 0,75$ ,  $I_{H.P.} = 15,7 \text{ А}$ ,  $U_P = 216 \text{ В}$ ,  $M_{\max} = 137 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $J = 0,067 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .
    - 3.4.4. Электродвигатель грузовой лебёдки — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 411-8,  $P_H = 15 \text{ кВт}$ ,  $n_H = 710 \text{ об/мин}$ ,  $I_{H.C.} = 42 \text{ А}$ ,  $\cos \varphi_H = 0,67$ ,  $\eta_H = 0,81$ ,  $I_{H.P.} = 48 \text{ А}$ ,  $U_P = 206 \text{ В}$ ,  $M_{\max} = 569 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ,  $J_P = 0,537 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .
  - 3.5. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.
  - 3.6. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка.
  - 3.7. Окружающая среда — нормальная.
  - 3.8. Система управления — магнитный контроллер.
  - 3.9. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 4:1.
4. **Содержание пояснительной записки.**
  - 4.1. Введение.
  - 4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.
  - 4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.
  - 4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.
  - 4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.
  - 4.6. Заключение.
  - 4.7. Литература.

**5. Перечень графического материала:** общий вид башенного крана с расположением электрооборудования, кинематические схемы механизмов, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин  
доцент, канд. техн. наук (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “ ” \_\_\_\_\_  
(подпись) (дата)

## 9 Электропривод крана КБ-306 (С-981)

Башенный кран КБ-306 грузоподъемностью 5 т предназначен для строительно-монтажных работ при возведении крупноблочных жилых зданий высотой до пяти этажей. Кран КБ-306 более удобен в работе и при перевозках, чем кран КБ-160. К особенностям крана следует отнести маневренное изменение вылета, осуществляемое с грузом на крюке, что улучшает условия его эксплуатации, более плавную (по сравнению с КБ-160) скорость посадки груза, равную 5 м/мин, возможность притормаживать стреловую лебедку с целью уменьшения в 4 раза скорости изменения вылета, двухступенчатый тормоз для повышения плавности движения груза, которым оборудован механизм поворота.

Электрооборудование башенного крана (рис. 10) по своему назначению можно разделить на основное - оборудование электропривода и вспомогательное — оборудование рабочего и ремонтного освещения и отопления. ^

К основному электрооборудованию относятся электродвигатели, командоконтроллеры, контроллеры, контакторы, реле управления, пускорегулирующие резисторы, вихревой тормозной генератор, тормозные электромагнитные, защитные панели, автоматические выключатели, максимальные реле, предохранители, распределительные ящики, конечные выключатели, селеновые выпрямители, кнопки, выключатели, переключатели, измерительные приборы.

К вспомогательному оборудованию относятся осветительные приборы (светильники, прожекторы), приборы электронагрева (электропечь, нагреватели), прибор звуковой сигнализации (звонок), а также аппараты управления и защиты (трансформаторы, выключатели, предохранители и т. д.), установленные в целях освещения и отопления.

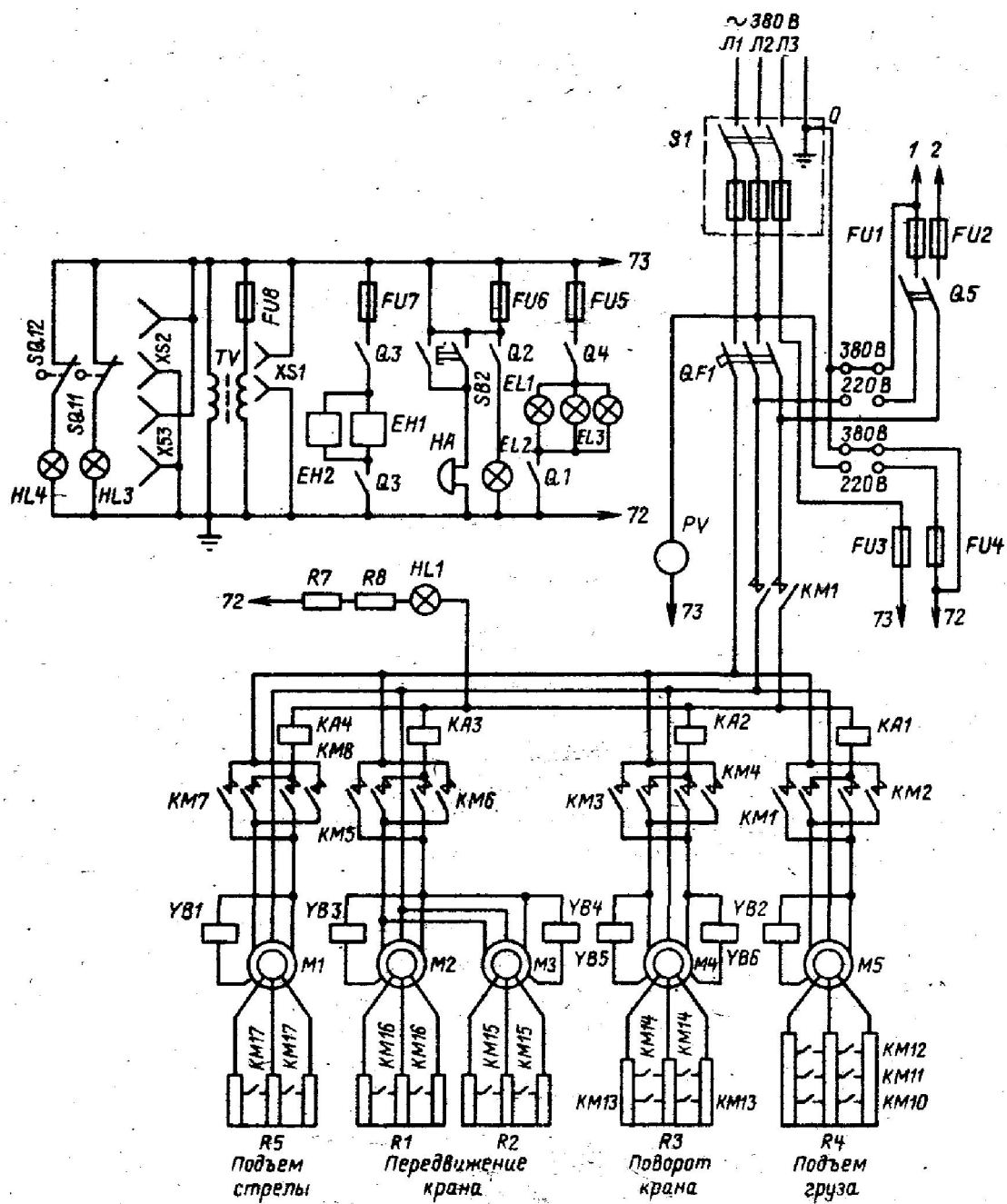
Для привода механизмов крана применены асинхронные электродвигатели типов МТ и МТБ с фазным ротором. Напряжение 220/380 В переменного тока.

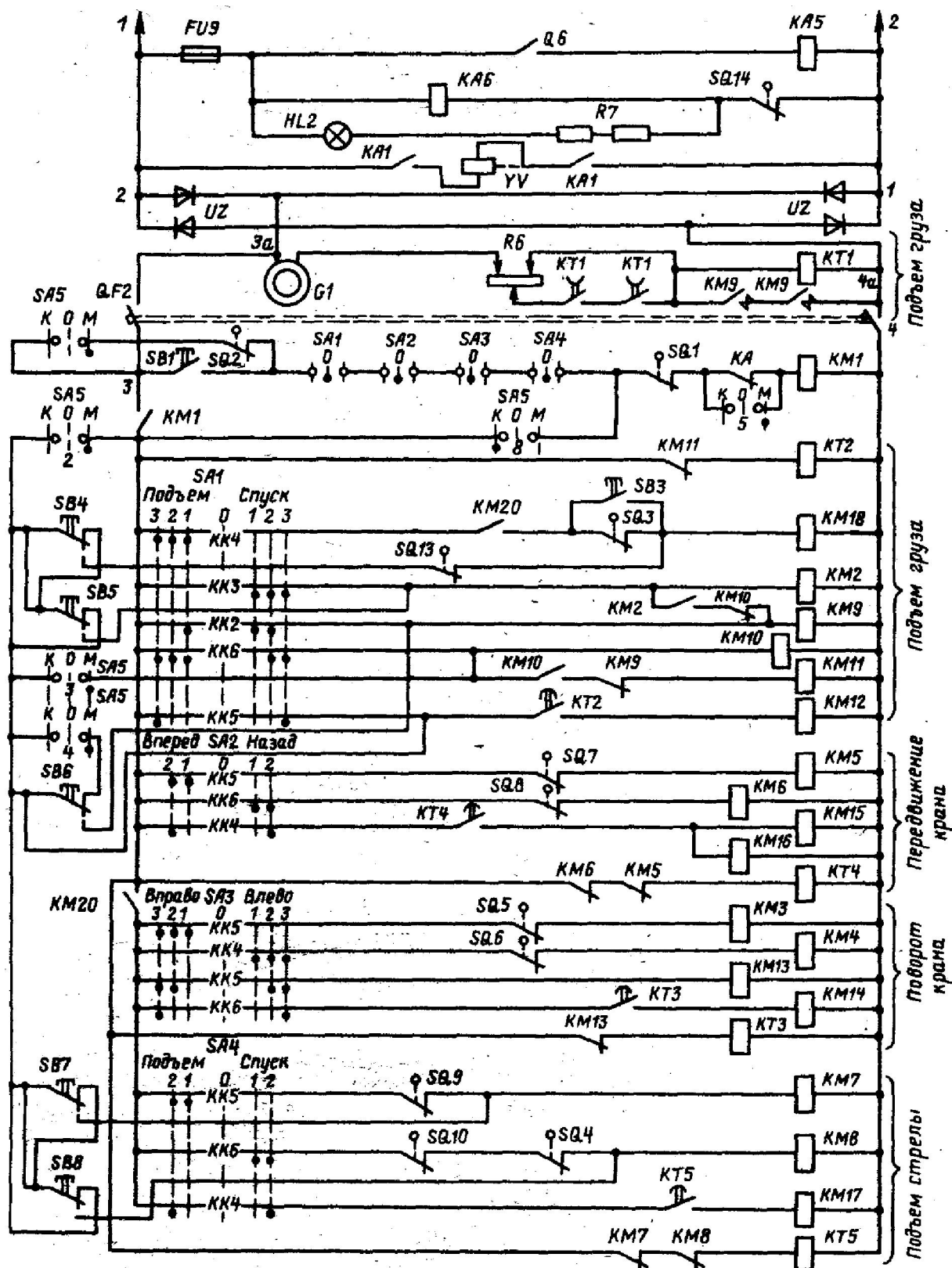
На кране КБ-306 применены магнитный контроллер для управления электроприводом грузовой лебедки (каталожный № ЗТД.627.069) и магнитный контроллер для управления электроприводом изменения вылета стрелы, поворота и передвижения (каталожный № ЗТД.627.070). Селеновые выпрямители, применяемые на кране типа ВСД-6, предназначены для питания постоянным током цепей управления и обмотки тормозного вихревого генератора.

**Работа привода грузовой лебедки.** Нулевое положение. Силовая цепь электродвигателя разомкнута. Включается линейный контактор КМ1, блокируя себя во всех последующих положениях. Тормозная машина G1 включена через катушку КТ1, ток возбуждения при этом ничтожно мал. Включено реле ускорения КТ2.

**Первое положение подъема.** Замыкаются контакты контакторов КМ1 и КМ10, что соответствует работе электродвигателя с одной выведенной ступенью сопротивления. Замыкается контакт контактора КМ9, шунтируя катушку реле КТ1. На время отпадания якоря реле КТ1 тормозная машина получает двойной форсированный ток.

Частота вращения на валу электродвигателя определяется результирующим моментом электродвигателя и тормозной машины, который используется для выбора слабины каната со скоростью, соответствующей 10—20 % номинальной.





G1 - тормозной вихревой генератор ТМ-4; M1 - электродвигатель стреловой лебедки МТВ-311-8, 7,5 кВт, фланцевый, на лапах с двумя концами вала; M2, M3 - электродвигатели механизма-передвижения МТ-111-6, 3,5 кВт; M4 - электродвигатель механизма поворота МТ-112-6, 5 кВт, фланцевый на лапах; M5 - электродвигатель грузовой лебедки МТВ-411-8С, 16 кВт, фланцевый на лапах с двумя концами вала; QF1, QF2 - автоматические выключатели АП50-3МТ на 50 А и 6,4 А соответственно; KM2-KM8, KM18 - контакторы реверса; KM9 - контактор вихревого генератора; KM10-KM17 - контакторы ускорения КПА-121А на 220 В, 25 А; KM1 - линейный контактор КПА-121 А; KA1-KA4 - блок реле максимального тока РЭО-401 на 60, 40 и 10 А; KT1-KT5 - реле времени РЭВ-811 на 220 В; KA5 - реле-пускатель управления магнитам

защелки; КА6 - реле РЭ-90 переключения характеристики ОГП-1; SQ1, SQ2 - аварийные выключатели ВУ-222А на 500 В, 20 А, ОГП-1, ВК-300 на 380 В, 6,3 А; SA1-SA4 - командоконтроллеры КП-1227, КП-1222 (два), КП-1210 на 500 В, 10 А; SA5 - универсальный переключатель УП531Ч/С256 на 500 В, 20 А; Q1—Q5 - выключатели пакетные ПВМ2-10 на 220 В, 10 А; Q6 - выключатель управления закрыванием защелки; SA6 — переключатель ПП-45М; YB1- УYB6 - тормозные электромагниты МО-300Б, МО-200Б, МО100Б на 220 В; R1-R5 - пускорегулирующие резисторы НФ-2, кат. № 2ТД.750. 011.87, УФ-6, кат. № 2ТД.750.011.49; R6 - резистор в цепи обмотки возбуждения генератора СР-200; S1 - ящик вводной ЯВР-.6114 на 380 В, 220 А с рубильником и предохранителями, ток вставки 160 А; R7, R8 -резисторы к лампе ЛС-53 на 2400 Ом (два по 1200 Ом); UZ - селеновый выпрямитель СВ12-3 на 220 В, 10 А; SB1—SB8 - кнопки управления КУ-1М на

380 В, 6 А; HL1-HL4 - лампы световой сигнализации ЛС-53 с колпаком зеленого цвета; EL1, EL2 — лампы освещения: светильник рудничный РН-100 на 220 В, 100 Вт, светильник освещения кабины РСХ-75 на 220 В, 75 Вт; EL3 - прожектор ПЗС-35 на 220 В, 500 Вт; НА -звонok электрический МЗ-1 на 220/127 В; TV - трансформатор понижающий

ОСО-0,25 на 220/12 В; FU1, FU3-FU9 - предохранители плавкие ПР-2; ЕН1, ЕН2 - электропечи ПТ-10-2 на 220 В, 1000 Вт; YV -электромагнитная защелка переносного блока; КМ20 - контакты ограничителя грузоподъемности ОГП-1 (специальная модификация № 10 с двумя датчиками угла); остальное - контакты

### **Рисунок 10 - Принципиальная схема электрооборудования крана КБ-306 (С-981):**

**Второе положение подъема.** Замкнуты контакты контакторов КМ1 и КМ10. Размыкается контакт контактора КМ9 и замыкает размыкающим контактом вспомогательной цепи цепь катушки контактора КМ11. Главные контакты контактора КМ11 выводят часть роторного сопротивления, а его контакт вспомогательной цепи замыкает цепь катушки реле КТ2, с выдержкой времени замыкается контакт КТ2 в цепи контактора КМ12. Это положение предназначено для подъема с пониженной скоростью.

**Третье положение подъема.** Замыкается контактор КМ12. В цепь ротора включено лишь небольшое выводное сопротивление. Это положение является основным рабочим положением.

**Первое положение спуска.** Замыкаются контакты контакторов КМ2 и КМ9. В цепь ротора электродвигателя включено полное выводное сопротивление. Привод работает на совместной характеристике электродвигателя и тормозной машины. Позиция используется для плавной посадки тяжелого или легкого груза. Скорость груза соответствует 20 % номинальной.

**Второе положение спуска.** Дополнительно замыкается контакт КМ10. Скорость спуска увеличивается до 40—50 % номинальной. Позиция используется для плавной посадки груза массой до 50 % номинальной.

**Третье положение спуска.** Замыкается контакт контактора КМ9, тормозная машина отключается. Контакт вспомогательной цепи КМ9 замыкает цепь катушки КМ11, который выводит часть роторного сопротивления и размыкает цепь катушки реле КТ2. Реле с выдержкой времени включает контактор КТ12, электродвигатель разгоняется до частоты вращения, превосходящей синхронную. Это положение является основным, рабочим положением спуска.

Первая позиция подъема, первая и вторая позиции спуска рассчитаны на кратковременное включение. Продолжительная работа на этих позициях приводит к перегреву тормозной машины или выходу из строя селеновых выпрямителей.

**Работа привода стреловой лебедки.** Нулевое положение подъема. Включено реле КТ5. Контакт реле в цепи катушки КМ18 разомкнут.

**Первое положение подъема.** Замыкается цепь катушки КМ17, подается питание на электродвигатель М1 и катушку тормоза УВ1, отключается катушка реле КТ5, и с выдержкой времени замыкается цепь катушки КМ18. Электродвигатель работает с полным сопротивлением в цепи ротора.

**Второе положение подъема.** Включается контактор КМ18, выводя ступень роторного сопротивления электродвигателя М1. Скорость изменения вылета стрелы становится близкой к номинальной. Работа привода механизма поворота и передвижения крана аналогична описанной и пояснения не требует.

Управление краном производится из кабины при работе крана на строительном объекте и с помощью выносного пульта при монтаже и демонтаже крана. Переключение управления производится с помощью установленного в шкафу управления универсального переключателя SA5, имеющего три фиксированных положения: К — управление из кабины; М — управление с пульта; 0 — нулевое положение, при котором управление краном не может производиться ни из кабины, ни с пульта.

После включения рубильника вводного ящика S на щите кабины управления переключатель SA12 необходимо ставить в положение "Включено".

**При управлении краном из кабины.** С помощью кнопки SB1 подается напряжение на катушку линейного контактора КМ1. При включении всех аппаратов, расположенных до линейного контактора, загорается сигнальная лампа HL1.

**При управлении с выносного пульта.** После присоединения монтажного пульта к цепям управления крана рукоятку аварийного выключателя SQ2 на выносном пульте необходимо ставить в положение "Включено".

**Управление грузовой лебедкой.** При нажатии на кнопку SB4. выносного пульта лебедка работает на подъем и при включении кнопки SB5 — на спуск. При отпускании кнопок лебедка останавливается. Для получения малой скорости подъема или спуска одновременно с включением кнопок SB4 или SB5 нажимается кнопка SB6. Работа лебедки на малой скорости может производиться в течение непродолжительного времени (15-20 с).

**Управление стреловой лебедкой.** При включении кнопки SB7 выносного пульта механизм изменения вылета стрелы работает на подъем, при включении кнопки SB8 — на спуск. При отпускании кнопок механизм останавливается. В аварийном режиме и после окончания работы отключение схемы управления с выносного пульта производится выключателем SQ2.

В электрической схеме крана предусмотрена защита электроаппаратов, электродвигателей и механизмов крана. Электродвигатели механизмов крана защищены максимальными реле КА1, КА2, КА3, КА4, ток которых регулируется на 2—2,25-кратный номинальный ток соответствующего электродвигателя. Цепи управления и освещения защищены плавкими предохранителями. Защита общей питающей сети крана производится воздушным автоматическим выключателем QF1, а также плавкими предохранителями вводного ящика S с плавкими вставками.

Защита от перехода механизмами крайних положений осуществляется конечными выключателями, контакты которых последовательно включены в цепи катушек соответ-

вующих контакторов. Конечный выключатель SQ3 размыкается при подходе крюковой обоймы к стреле. Конечный выключатель SQ5 размыкается в крайнем правом положении поворотной платформы, а выключатель SQ6 — в крайнем левом. Контакт конечного выключателя SQ7 размыкается в крайнем положении крана при движении вперед, а контакт SQ8 — при движении назад. Конечные выключатели SQ9 и SQ10 ограничивают работу стрелы в диапазоне от  $20^{\circ}43'$  до  $67^{\circ}9'$  к горизонту. Конечный выключатель SQ7 фиксирует верхнее положение перепасовочного блока, что соответствует четырехкратной запасовке каната. Контакты KM20 ограничителя ОПП-1 размыкаются при подъеме груза, на 10 % превышающего номинальную грузоподъемность крана. Сигнальная лампа HL1 загорается при включении контактора KM1, а лампа HL3 — при повороте поворотной платформы соответственно в крайнее левое или крайнее правое положение. Вольтметр PV и сигнальная лампа HL1 включены на разные фазы, что дает возможность контролировать неисправность всех фаз питающей сети.

Напряжение цепи освещения снимается с входных зажимов воздушного автоматического выключателя QF1. В цепь освещения и сигнализации 220 В включены прожектор стрелы, башни, освещение и отопление кабины, звуковой сигнал, штепсельная розетка. Включение всех вышеперечисленных приборов осуществляется с панели управления кабины при помощи соответствующих пакетных выключателей, за исключением звукового сигнала, который включается при помощи ножной педали или автоматически в случае срабатывания анемометра при ветровых нагрузках, опасных для работы крана. Ремонтное освещение напряжением 12 В осуществляется через штепсельные розетки XS2 в шкафу управления и XS3 в кабине управления.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТулГУ»**  
**ИВТС им. В.П. Грязева**  
**Кафедра “Электроэнергетика”**

**ЗАДАНИЕ**

на ККР по дисциплине «Средства коммутации электрической энергии»  
 Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Студент \_\_\_\_\_ код \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Тема 10: **“Выбор и расчёт электрических аппаратов управления и защиты электропривода козлового крана в крюковом исполнении”.**

2. Срок предоставления к защите “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**3. Исходные данные для проектирования.**

3.1. Грузоподъёмность 10 т.

3.2. Источник питания — внешняя электрическая сеть переменного тока.

3.3. Напряжение 380В, 50 Гц.

3.4. Техническая характеристика электродвигателей механизмов крана.

3.4.1. Электродвигатели привода ходовых тележек моста крана — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 211-6,  $P_H = 7,5$  кВт,  $n_H = 930$  об/мин,  $I_{H.C.} = 21$  А,  $\cos\varphi_H = 0,7$ ,  $\eta_H = 0,77$ ,  $I_{H.P.} = 19,8$  А,  $U_P = 256$  В,  $M_{max} = 191$  Н·м,  $J_P = 0,115$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4.2. Электродвигатель подъёма груза — асинхронные с фазным ротором типа МТФ 412-8,  $P_H = 22$  кВт,  $n_H = 720$  об/мин,  $I_{H.C.} = 65$  А,  $\cos\varphi_H = 0,63$ ,  $\eta_H = 0,82$ ,  $I_{H.P.} = 57$  А,  $U_P = 248$  В,  $M_{max} = 883$  Н·м,  $J_P = 0,75$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4.3. Электродвигатель передвижения грузовой тележки — асинхронный с фазным ротором типа МТФ 012-6,  $P_H = 2,2$  кВт,  $n_H = 890$  об/мин,  $I_{H.C.} = 7,6$  А,  $\cos\varphi_H = 0,68$ ,  $\eta_H = 0,645$ ,  $I_{H.P.} = 11$  А,  $U_P = 144$  В,  $M_{max} = 56$  Н·м,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4.4. Электродвигатели тормозов механизма передвижения крана — асинхронные с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6,  $P_H = 1,4$  кВт,  $n_H = 875$  об/мин,  $I_{H.C.} = 5,2$  А,  $\cos\varphi_H = 0,66$ ,  $\eta_H = 0,615$ ,  $M_{max} = 41$  Н·м,  $M_{II} = 41$  Н·м,  $I_{II} = 15$  А,  $J = 0,02$  кг·м<sup>2</sup>.

3.4.5. Электродвигатель тормоза подъёма груза — асинхронный с короткозамкнутым ротором типа МТКФ 011-6.

3.5. Режим работы — повторно-кратковременный, ПВ = 40 %.

3.6. Виды защиты электропривода — максимально-токовая, нулевая, конечная защита (в сочетании с конечными выключателями) и нулевая блокировка.

3.7. Окружающая среда — нормальная.

3.8. Система управления — кулачковый контроллер.

3.9. Диапазон регулирования скорости ниже номинальной 2,5:1.

**4. Содержание пояснительной записки.**

4.1. Введение.

4.2. Технологическое назначение промышленной установки (механизма), краткое описание её конструкции, кинематической схемы и режима работы.

4.3. Требования, предъявляемые к электроприводу, схеме управления и защиты.

4.4. Принципиальная электрическая схема электропривода установки.

4.5. Выбор электрических аппаратов коммутации, управления и защиты электропривода.

4.6. Заключение.

4.7. Литература.

**5. Перечень графического материала:** общий вид козлового крана в крюковом исполнении с расположением электрооборудования, принципиальная электрическая схема электропривода (электрооборудования), спецификация на электрические аппараты.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ В.С. Косырихин

канд. техн. наук, доцент (подпись, дата)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 (подпись) (дата)

## 4.1 Электропривод крана КДКК-10

Козловые краны типа КДКК грузоподъемностью 10 т предназначены для перемещения контейнеров, тяжеловесных и навалочных грузов на грузовых дворах железных дорог.

Оборудование крана КДКК-10 смонтировано в основном в шкафах заводской сборки. Шкафы управления мостом и грузовой тележкой находятся на специальной площадке над кабиной машиниста вместе с ящиками сопротивлений. Для обслуживания шкафа с площадки кабины установлена специальная галерея с люком, замыкаемым концевым выключателем.

**Электрооборудование крана.** Принципиальная электрическая схема крана КДКК-10 на напряжение 380 В, 50 Гц приведена на рис 11.

Напряжение питающей сети от токосъемника через разъединитель S1, реле максимального тока КА1, КА2, КА3 подводится к неподвижным контактам контактора КМ1, Перечисленная аппаратура размещена в распределительном шкафу, который установлен в кабине управления краном.

При включении кнопки SB1 "Включено" напряжение питающей цепи подается на катушку контактора КМ1 по цепи: провод 10 через выключатель SQ6 — провод 03 через замыкающий контакт кнопки 5\SB1 "Отключено" - провод 04 через замыкающие контакты кнопки SB1 "Включено" — провод 05 через замыкающие контакты максимальных реле КА1, КА2, КА3. Контактор КМ1, включаясь, замыкает свои контакты в силовой цепи, обеспечивая подачу напряжения во все рабочие цепи крана, и одновременно замыкает свой контакт вспомогательной цепи КМ1, шунтирующий кнопку "Включено". Контактор КМ1 будет удерживаться во включенном положении при включенных реле максимального тока КА1, КА2, КА3.

При больших перегрузках, превышающих установленную мощность крана в 2,5 раза, или при коротких замыканиях в электрической схеме крана срабатывают реле максимального тока КА1, КА2, КА3. При срабатывании каждое из этих реле размыкает свой вспомогательный контакт в цепи катушки контактора КМ1. Контактор КМ1 выключается, снимая напряжение с оперативных цепей крана.

При помощи конечного выключателя SQ6 осуществляется защита обслуживающего персонала от попадания под напряжение сети при выходе на ферму крана. Конечный выключатель SQ6 блокирует люк, закрывающий выход на площадку фермы крана. При подъеме люка конечный выключатель срабатывает и размыкает свой контакт в цепи катушки контактора КМ1, вследствие чего контактор КМ1 выключается и снимает напряжение со всех оперативных цепей крана. Повторное включение контактора КМ1 при срабатывании реле максимального тока КА1, КА2, КА3 или конечного выключателя возможно только при закрытом люке и при нажатии на пульте управления кнопки "Включено" кнопочного поста "Главный выключатель".

Напряжение питающей сети крана контролируется по показанию вольтметра переменного тока PV1, установленного на пульте управления.

**Передвижение крана** осуществляется с помощью четырех электродвигателей М1-М4 типа МТ-211-6 мощностью 7,5 кВт при ПВ = 25%. Все четыре электродвигателя управляются одним командоконтроллером SA3, установленным в кабине управления краном. Вся коммутирующая аппаратура, обслуживающая электродвигатели при передвижении крана, смонтирована в распределительном шкафу, который установлен на кабине машиниста. Напряжение в

рабочие цепи распределительного шкафа подается включением рубильников S2 и S3, которые размещены в распределительном шкафу.

Включением рубильника S2 рабочее напряжение через катушки реле максимального тока КА4, КА5, КА6, КА7, реле нагрузки KV1 и KV2 подводится к неподвижным контактам контакторов КМ6, КМ8, КМ9, КМ7. С их помощью осуществляется включение, выключение и реверсирование электродвигателей. Защита от перегрузок и коротких замыканий электродвигателей М1 и М2, установленных на передних тележках крана, производится реле максимального тока КА4 и КА5, защита цепи электродвигателей М3 и М4, установленных на задних тележках крана, - токовыми реле КА6 и КА7. Для контроля за нагрузкой электродвигателей М1 и М2 имеется реле нагрузки KV1, а электродвигателей М3, М4 - реле нагрузки KV2. Реле нагрузки регулируется на ток 60 А, что в 1,5 раза превышает номинальный ток любой пары электродвигателей передвижения крана.

Контакты реле нагрузки KV1 включены в цепь втягивающей катушки контактора КМ7, управляющего включением электродвигателей М3 и М4 при движении крана вперед. Контакты реле нагрузки KV2 включены в цепь катушки контактора КМ8, управляющего включением электродвигателей М1 и М2 при движении крана назад.

Приведенная комбинация связи реле нагрузки KV1, KV2 и контакторов КМ8 и КМ7 позволяет автоматически включать и выключать заднюю (по ходу движения крана) пару электродвигателей при движении крана в любую сторону. Таким образом, электрическая схема управления электродвигателями крана выполнена так, что при движении крана электродвигатели передних ведущих опор оказываются включенными постоянно, а электродвигатели двух ведомых опор подключаются в работу только в том случае, если ведущие электродвигатели перегружены в 1,5 раза.

**Нулевая защита и защита электродвигателей** передвижения крана от перегрузок и коротких замыканий осуществляются комбинацией контактов промежуточного реле КА12 и реле КА4, КА5, КА6, КА7. В цепь катушки промежуточного реле КА12 включены контакты реле КА4, КА5, КА6, КА7.

На нулевой позиции командоконтроллера SA3 катушка промежуточного реле КА12 получает питание по цепи: провод 010 — замкнутый контакт командоконтроллера — провод 013 — далее через замыкающие контакты реле максимального тока и провод 037. Возбуждись, реле КА12 замыкает контакты в цепи проводов 010, 013, 018, 019, 020, 021, 025, 026,, подготавливая к работе цепи управления электродвигателями передвижения крана.

Дальнейший процесс управления передвижением крана осуществляется от командоконтроллера SA3. При установке рукоятки командоконтроллера SA3 на первую позицию положения "Вперед" по цепи: провод 010 через замкнутые контакты командоконтроллера — провод 018 через вспомогательный контакт контактора КМ6 — провод 019 через замкнутый контакт промежуточного реле КА12 катушка промежуточного реле КА13 получит питание одновременно через второй замкнувшийся контакт командоконтроллера, провод 020, через замкнутый контакт конечного выключателя SQ2, провод 021, контакт промежуточного реле КА12, через вспомогательный контакт контактора КМ9. Катушка контактора КМ6 получает питание. Возбуждись, реле КА13 и контактор КМ6 включаются, реле КА13 включает электродвигатели М7, М8, М9, М10 гидротолкателей тормозов. После растормаживания контактор КМ6 подключает в сеть электродвигатели передвижения крана М1 и М2.

При пуске и разгоне электродвигателей М1 и М2 потребляемый ток в 2,5 раза больше номинального, поэтому реле нагрузки KV1 срабатывает и замыкает свой контакт в цепи катушки

КМ7. Возбуждись, контактор КМ7 подключает к сети электродвигатели М3 и М4 крана. Контакт КМ7 удерживается во включенном положении до тех пор, пока нагрузка на электродвигатели М1 и М2 не снизится до значения 1,4 номинальной. Тогда реле нагрузки КV1 отключится и разомкнет свой контакт в цепи катушки контактора КМ7. Контакт КМ7 включится и отключит от питающей сети электродвигатели М3 и М4.

При движении крана вперед скорость его увеличивается последовательным переводом рукоятки командоконтроллера SA3 с первой на пятую позицию за счет последовательного включения пусковых резисторов в цепях роторов всех четырех электродвигателей передвижения.

Движение крана в обратном направлении осуществляется переводом рукоятки командоконтроллера SA3 с нулевой на пятую позицию "Назад". На первой позиции при этом по проводу 010 через замыкающие контакты контактора КМ9 и контакты промежуточного реле КА12 по проводу 019 напряжение поступает на катушку промежуточного реле КА13, которое, сработав, подключит на сеть электродвигатели М9, М10, М7, М8 гидротолкателей. В результате все четыре тормоза передвижения крана будут отпущены.

Одновременно по проводу 010 через замкнутый контакт командоконтроллера, по проводу 025 через замкнутый контакт конечного выключателя SQ2, по проводу 026 через замкнутый контакт промежуточного реле КА12, по проводу 027 через вспомогательный контакт контактора КМ6, по проводу 028 через вспомогательный контакт контактора КМ7 напряжение поступит на катушку контактора КМ9, а он подключит к сети электродвигатели М3 и М4. В результате кран придет в движение. Если нагрузка на электродвигателе будет превышать в 1,5 раза номинальную, включится реле нагрузки КV2.

Включившись, реле КV2 замкнет свой вспомогательный контакт в цепи катушки контактора КМ8. Вследствие этого контактор КМ8 включится и подключит в сеть электродвигатели М1 и М2, которые будут оставаться включенными до тех пор, пока нагрузка на электродвигатели М3 и М4 снизится до 1,4 номинальной. При снижении нагрузки, реле КV2 отключится и включит контактор КМ8, который отключит от сети электродвигатели М1 и М2. Дальнейшее передвижение крана будет осуществляться электродвигателями М3 и М4, которые при движении крана являются ведущими.

В связи с тем, что при передвижении крана в любую из двух сторон постоянно работающая пара электродвигателей М1 и М2 или М3 и М4 перегружается против номинальной в 2,5—3 раза, то практически начало передвижения крана происходит при работе всех четырех электродвигателей.

При включении каждого реле КА4, КА5, КА6 и КА7 на любой позиции командоконтроллера размыкается контакт одного из этих реле и разрывает цепь питания катушки промежуточного реле КА12. Отключившись, реле КА12 размыкает свои контакты в цепи катушки КА13 и в цепи катушек контакторов КМ6—КМ9.

Приводные электродвигатели М1-М4 отключаются от сети, и кран затормаживается. Вследствие того что контакт реле КА12 в цепи проводов 010-013 также будет разомкнут, восстановление всей системы управления электродвигателями передвижения крана стянется возможным только после того, как рукоятка командоконтроллера SA2 будет поставлена в нулевое положение. Повторно кран пускается

последовательным, с выдержкой времени, переводом рукоятки командоконтроллера на его рабочие позиции.

**Ограничение передвижения крана** защищается конечными выключателями SQ2, имеющими две пары постоянно замкнутых контактов. Размыкается они поочередно поворотом в ту или другую сторону вертикально расположенного рычага. При нажатии крана на рычаг конечного выключателя последний размыкает свой контакт в цепи питания катушки контактора КМ6. Отключаясь, контактор КМ6 отключает электродвигатели передвижения крана М1 и М2 и размыкает вспомогательный контакт в цепи питания катушки реле КА13, которое отключает электродвигатели гидротолкателей тормозов крана. После этого движение крана возможно только в обратном направлении. Для этого рукоятку командоконтроллера S43 ставят в нулевое положение и затем плавно переводят на первую рабочую позицию в положение "Назад".

**Подъем и опускание грузового крюка** выполняются крановым электродвигателем М5 с фазным ротором типа МТВ-412-8. Электродвигатель М5 управляется командоконтроллером SA1, установленным в кабине управления. Вся коммутирующая аппаратура, обслуживающая электродвигатель грузового крюка, смонтирована в распределительном шкафу, который установлен в кабине совместно с коммутирующей аппаратурой, обслуживающей электродвигатель передвижения тележки.

Напряжение питающей сети подводится к неподвижным контактам контакторов КМ14, КМ 15, КМ20, КМ21 выключателем разъединителя S3 через катушки реле КА8, КА9, КА10, КА11. При помощи контактов контакторов- КМ14, КМ15, КМ20, КМ21 включаются, выключаются и реверсируются электродвигатели подъема и передвижения тележки.

Цепь питания электродвигателя подъема груза М5 защищается от перегрузок и коротких замыканий двумя реле КА8 и КА9 с установкой на двукратный пусковой ток, при повышении которого электродвигатель М5 отключается от питающей сети и грузовой крюк становится на тормоз, так как электродвигатель гидротолкателя М11 обесточивается. Для восстановления цепи управления электродвигателем и подготовки его к следующему запуску рукоятку командоконтроллера SA1 ставят в нулевое положение. После этого снова набирают рабочие позиции.

Грузовая тележка передвигается крановым электродвигателем М6 с фазным ротором типа МТ-012-6. Электродвигатель М6 управляется от командоконтроллера SA2. Коммутирующая аппаратура, обслуживающая электродвигатель М6, размещена в распределительном шкафу совместно с коммутирующей аппаратурой, обслуживающей электродвигатель подъема груза. Для защиты питающей цепи электродвигателя и самого электродвигателя М6 от перегрузок и коротких замыканий в силовую цепь включены два реле КА10 и КА11 с уставкой на ток срабатывания 20 А, превышающей ток электродвигателя почти в 3 раза.

Построение и работа цепи управления электродвигателем передвижения тележки аналогичны рассмотренному.

Ход грузовой тележки ограничивается с помощью двух конечных выключателей SQ4. При наезде тележки на любой из указанных выключателей размыкается его замыкающий контакт в цепи катушки промежуточного реле КА26. Это приводит к отключению электродвигателя М6 и тормозного электромагнита YB1 от сети и остановка грузовой тележки. Передвижение грузовой тележки в этом случае возможно только

от командоконтроллера с предварительной установкой его рукоятки в нулевое положение и последующим набором рабочих позиций в направлении, обратном первоначальному движению тележки.

Напряжение на электродвигатель грузового крюка М5 и электродвигатель передвижения грузовой тележки М6 подается по гибкому кабелю.

**Конечный выключатель SQ7** служит для защиты обслуживающего персонала от попадания под напряжение вторичной обмотки трансформатора, которое равно 127 В. При выходе на площадку или ферму крана лица, обслуживающего и осматривающего кран, необходимо открыть люк. При открытии люка конечный выключатель SQ7 срабатывает и размыкает свой контакт в цепи катушки промежуточного реле. Отключаясь, реле отключает вторичные обмотки трансформатора от прожекторов. Трансформатор освещения защищается от перегрузок и коротких замыканий с помощью плавких предохранителей FU6.

В связи с применением бескольцового токосъемника ограничение поворота крана в пределах двух оборотов ( $20^\circ$ ) производится конечными выключателями SQ4 и SQ5 в цепях катушек контакторов.

На кране установлены три прожектора: один EL2 — на оголовке стрелы и два EL4 и EL3 — на флюгерах ходовой рамы. Кроме того, на кабине установлена поворотная фара EL5, управляемая машинистом из бокового окна. Включение прожекторов и фары производится пакетными выключателями Q2, Q3, Q5 на щите освещения.

Для освещения кабины установлен светильник EL1. Звуковая сирена НА включается педалью SB14 в кабине. Отопление кабины производится нагревательным прибором ЕК, включаемым пакетным выключателем Q4.

Питание фары, звуковой сирены и ремонтного освещения производится напряжением 12 В от трансформатора TV1, установленного на панели башенного крана.

Подкрановая площадка освещается шестью прожекторами ПЗС-35 с лампами мощностью 300 Вт каждая. Прожекторы установлены на верхней ферме крана. Рабочее напряжение 127 В. Напряжение подается от понижающего трансформатора типа ТС-2,5/0,5 (с воздушным охлаждением) мощностью 2,5 кВт, 380 В, а напряжение 12 В подается на лампу EL2 освещения кабины управления и штепсельные розетки аварийного освещения.

Трансформатор включается в сеть и выключается из сети поворотом рукоятки пакетного выключателя Q2, который расположен на пульте управления. О включенном положении трансформатора TV1 сигнализирует на пульте управления красная лампочка HL1. При включении Q1 включаются все шесть прожекторов крана. Цепь освещения 12 В питается от специальной добавочной обмотки трансформатора, а защищается от перегрузок и коротких замыканий с помощью плавких предохранителей FU3. Освещение кабины включается и выключается выключателем Q3, установленным в кабине управления.

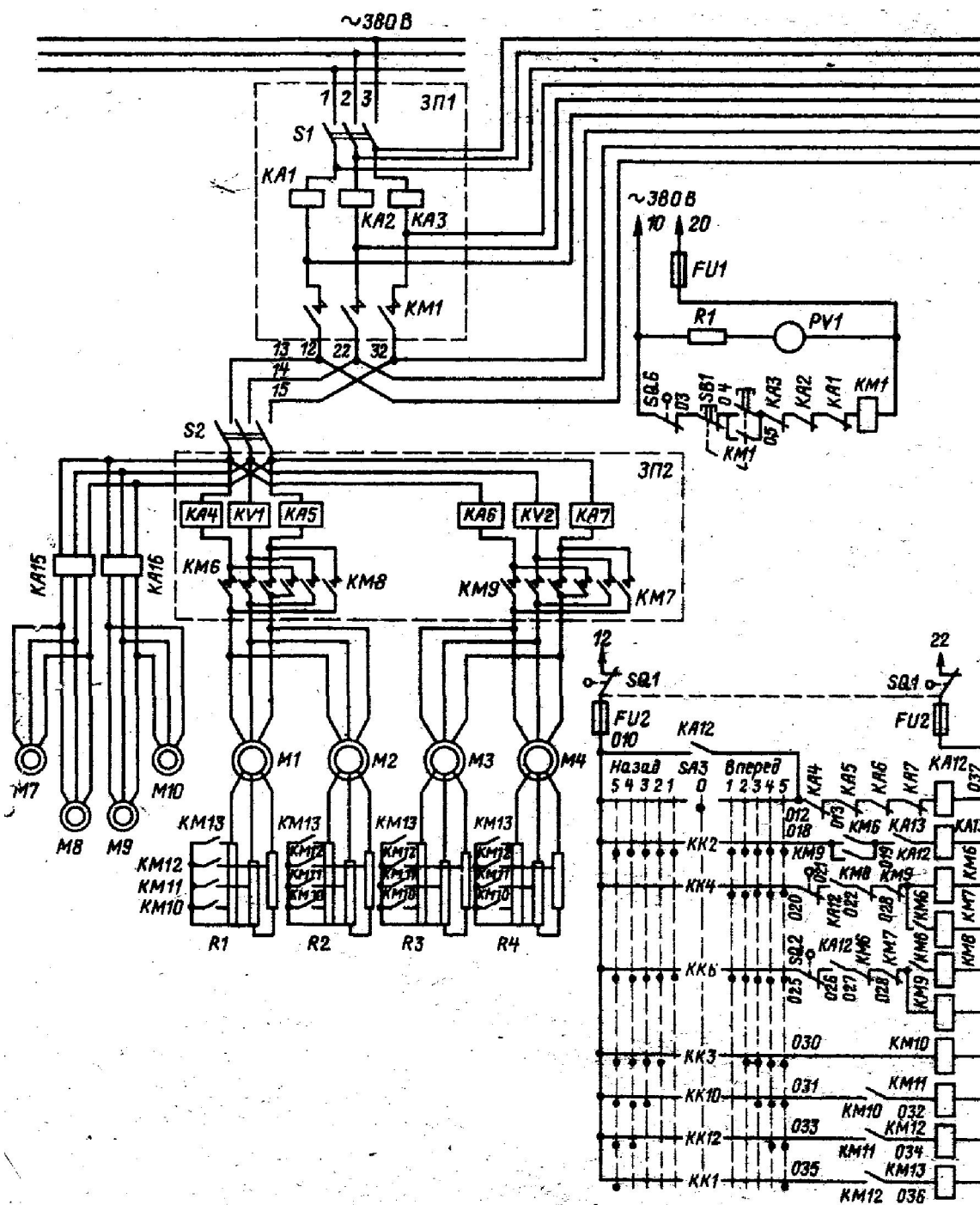
В качестве звукового сигнала на кране используется электрический гудок ГПР на 127 В переменного тока без прерывателя. Звуковой сигнал включается перед каждым троганием крана.

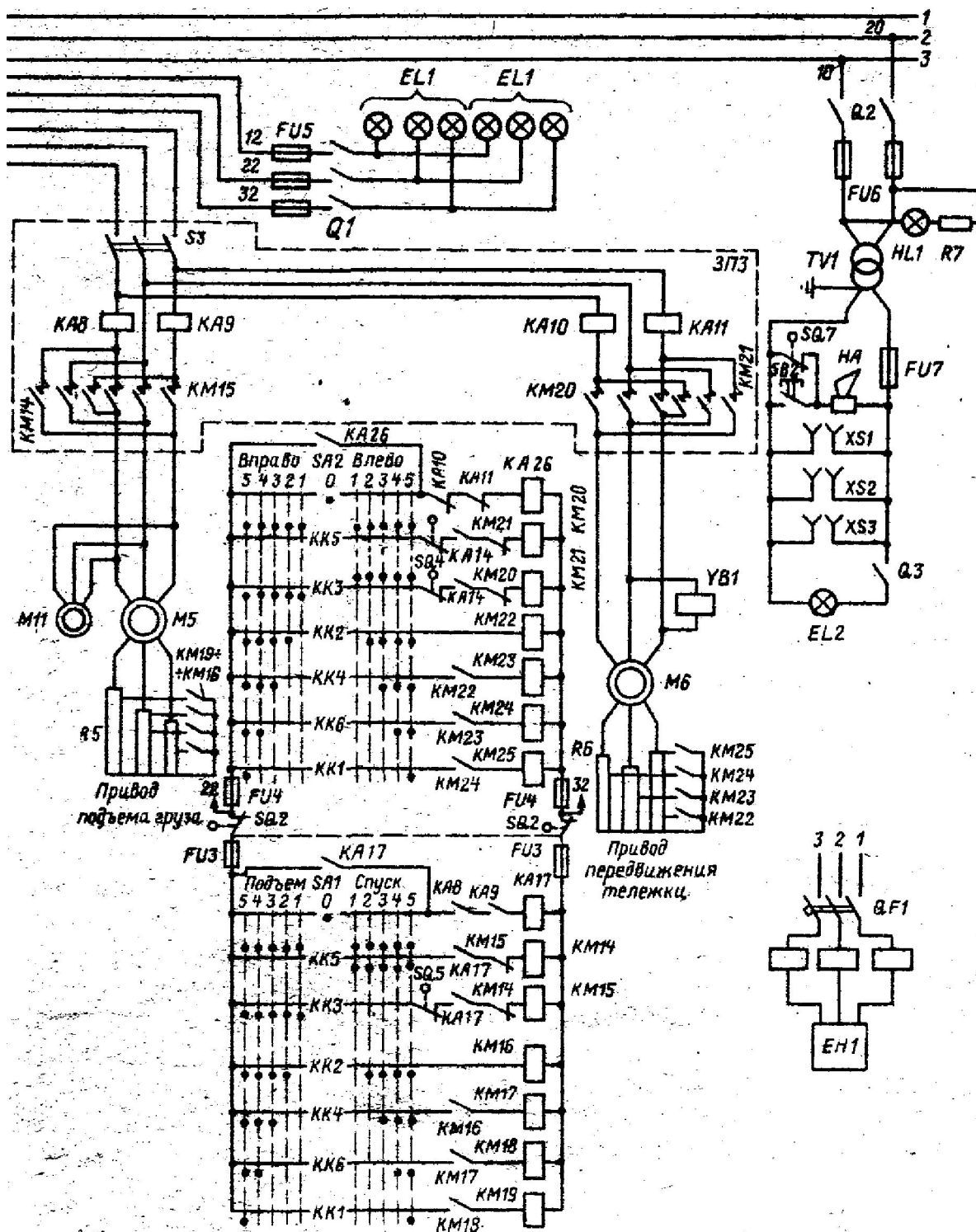
Кабина крана обогревается электрической печью ЕК1 мощностью 1500 Вт, напряжением 380 В. Печь включается и выключается автоматическим переключателем QF1 типа АП-25-3М с электромагнитным расцепителем. При перегрузке печи или коротком замыкании электромагнитный выключатель срабатывает и автоматически выключает печь.

Питание к крану подводится по кабелю КРПТ 3х16+1х6 (кабель с резиновой изоляцией, переносный, с тремя жилами сечением 16 мм<sup>2</sup> и одной сечением 6 мм<sup>2</sup>),

длиной 50 м. Электрические силовые цепи управления передвижной кабины машиниста и грузоподъемной тележки соединяются с цепями, проложенными по металлоконструкциям крана при помощи пучка гибких проводов, состоящих из нескольких кабелей. Эти пучки проводов через 4—5 м обматывают лентой, зажимают щеками кабельных роликов и при необходимости дополнительно скрепляют скобами. Концы кабелей заводят в кабину и присоединяют в соответствии с монтажной схемой.

На кронштейне тележки кабины устанавливается конечный выключатель, ограничивающий движение тележки. Конечные выключатели устанавливаются также на консолях и опорах крана. На мосту крана размещаются шесть прожекторов, и к ним подводятся провода от набора зажимов жесткой опоры и ряда зажимов шкафа.





М1-М4 - электродвигатели яривода ходовых тележек МТ-2 11-6, 7,5 кВт; М5 – электродвигатель подъема груза МТВ-412-8, 22 кВт; М6 - электродвигатель передвижения тележки МТ-012-6., 2,2 кВт; М7-М10 - электродвигатели электрогидро-толкателя АОЛ-012-2; М11 - электродвигатель тормоза подъема груза ТКТ-300 электромагнитом МО-300Б; ЗП1 - защитная панель на вводе цели, в том числе S1 - рубильник Р0-3 на 200 А; КА1-КА3 - реле максимального тока РЭ-371, КМ1 - контактор КТВ-33, КТВ42, ЗП2 - реверсивная панель, в том числе S2 – рубильник Р0-3 на 100 А; КМ6 - КМ9 - контакторы КТВ-32Л; КА4—КА7 -реле максимального тока РЭ-571 с катушкой на 200 А; КV1, КV2 – реле напряжения РЭ-571Т с катушкой на 80 А; ЗП3 - защитная панель в том числе S3 – в том числе рубильник РО-3 на 100 А; КМ14-КМ25 -контакторы КТВ-32Л; КА8-КА11 - реле максимального то-

ка РЭ-571 с катушкой на 15 А; QF1 - выключатель автоматический АП25-3М; КМ10-КМ13 - контакторы КТВ-22Л; КА12, КА13 - промежуточные реле ЭП-41/60; КА17, КА-26 - промежуточные реле ЭП-41/30Б; КА15, КА16 - промежуточные реле ЭП-41/60; SQ1 – конечный выключатель; SQ2 – ограничитель передвижения крана КУ-501; SQ4 – ограничитель передвижения тележки ВК 211; SQ5 – ограничитель подъема и спуска груза КУ-503; SQ6 – выключатель двери ВК 211; SQ7 – конечный выключатель выключения вторичной обмотки трансформатора; SA1 - - контроллер передвижения груза ККТ-61; SA2 - - контроллер передвижения грузовой тележки ККТ-61; SA3 - - контроллер передвижения ходовых тележек ККТ-62; YB1 - тормоз передвижения тележки ТКТ-100 с электромагнитом МО100Б; R1 - резистор Р-102; R2 - резистор пускорегулирующий НК-1, кат. № 2ТД.750.001.9; R3 - резистор пускорегулирующий НФ-2, кат. № 2ТД.754.006.36; R4 - резистор пускорегулирующий НК-1, кат. № 2ТД.750.000.122; R5 - резистор П>50; R6 - резистор пускорегулирующий НФ-2, кат. № 2Т.Д.754.006.35; R7 –резистор ПЭ-50; TVI - трансформатор ТС-2,5/0,5; Q1 - пакетный выключатель ПВ1-10; (Q2 ~ пакетный выключатель ПВ3-25; (Q3 - выключатель освещения кабины ПВ2-10; SB1 - кнопка КУ-121; SB2 - кнопка сигнала КУ-121; PV1 •-вольтметр Э-421; EH1 — обогреватель кабины; FU1—FU4 - предохранители плавкие цепи управления ПР-2 на 15 А; FU5~ FU7 - предохранители плавкие ПР-2 на 6 и 10 А; HL1 - сигнальная лампа СЦ-19; EL1 - прожектор ПЗМ-35; EL2 - плафон освещения кабины с лампой А26; НА - сигнал ГПР на 127 В; XS1-XS3 - штепсельные розетки РЗ-8А; остальное - контакты

**Рисунок 11 - Принципиальная схема электрооборудования крана КДКК-10**

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Справочник по кранам: В 2т. / В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.; Под общ. ред. М.М. Гохберга. Л. Машиностроение, 1988.—536 с.*
2. *Крановое электрооборудование. Справочник / Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певзнер Е.М. и др. Под ред. А.А. Рабиновича. М.: Энергия, 1979.—240 с.*
3. *Электрооборудование кранов / А.П. Богословский, Е.М. Певзнер, Н.Ф. Семерня и др. — М.: Машиностроение, 1983. —310 с.*
4. *Рапутов Б.М. Электрооборудование кранов металлургических предприятий.— М.: Металлургия, 1990.—272 с.*
5. *Поляков А.М. Схемы электрооборудования грузоподъемных кранов.—М.: Энергоатомиздат, 1988.— 136 с.*
6. *Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. М.: Энергия, 1980.—369 с.*
7. *Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. М.: Энергоатомиздат, 1983.—616 с.*
8. *Руководящий технический материал. РТМ 24. 090. 81—85. Краны грузоподъемные: Методика расчёта и выбора электрооборудования. ВНИИПТмаши. М.: 1986.—90 с.*
9. *Электрооборудование и автоматизация управления строительными башенными кранами / Петров И.И., Богословский А.П., Певзнер Е.М. и др. М.: Машиностроение, 1979.—216 с.*
10. *Шишков Н.А. Пособие по техническому надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов. М. 1993.*
11. *Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. М., Металлургия, 1983.*
- 12.