

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ
СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ
И
УСТАНОВКАМИ**

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ФИРМЫ
SYSTEM TECHNIC NORD – GEARAS
(ГЕРМАНИЯ)**

Функции системы

- управление генераторными агрегатами (ГА),
- обеспечение одиночной или параллельной работы агрегатов,
 - синхронизация работы ГА,
 - распределение активной нагрузки,
- пуск и остановка резервных ГА при изменении нагрузки электростанции,
 - управление частотой вращения ГА,
- синхронизация работы валогенератора с дизель-генератором,
 - подключение питания с берега,
 - подключение и отключение второстепенных потребителей,
 - программированное подключение 10 мощных потребителей,
- обеспечение параллельной работы с вало- и утилизационным турбогенератором,
 - защита генератора,
 - самоконтроль системы управления.

Децентрализованная иерархическая структура

Нижний уровень – блок управления типа **DSG 822** предусмотрен свой для управления каждым ГА, различаются программным обеспечением

Верхний уровень – блок управления нагрузкой **LSG 821**. собирает информацию о техническом состоянии ГА и о нагрузке на шинах электростанции и выдает команды блокам DSG 822 на пуск или остановку резервных ГА

Шинная организация

DSG 822 и LSG 821 подсоединены к **общей шине** таким образом, что информация о состоянии каждого агрегата передается в блоки управления других агрегатов и в блок управления нагрузкой

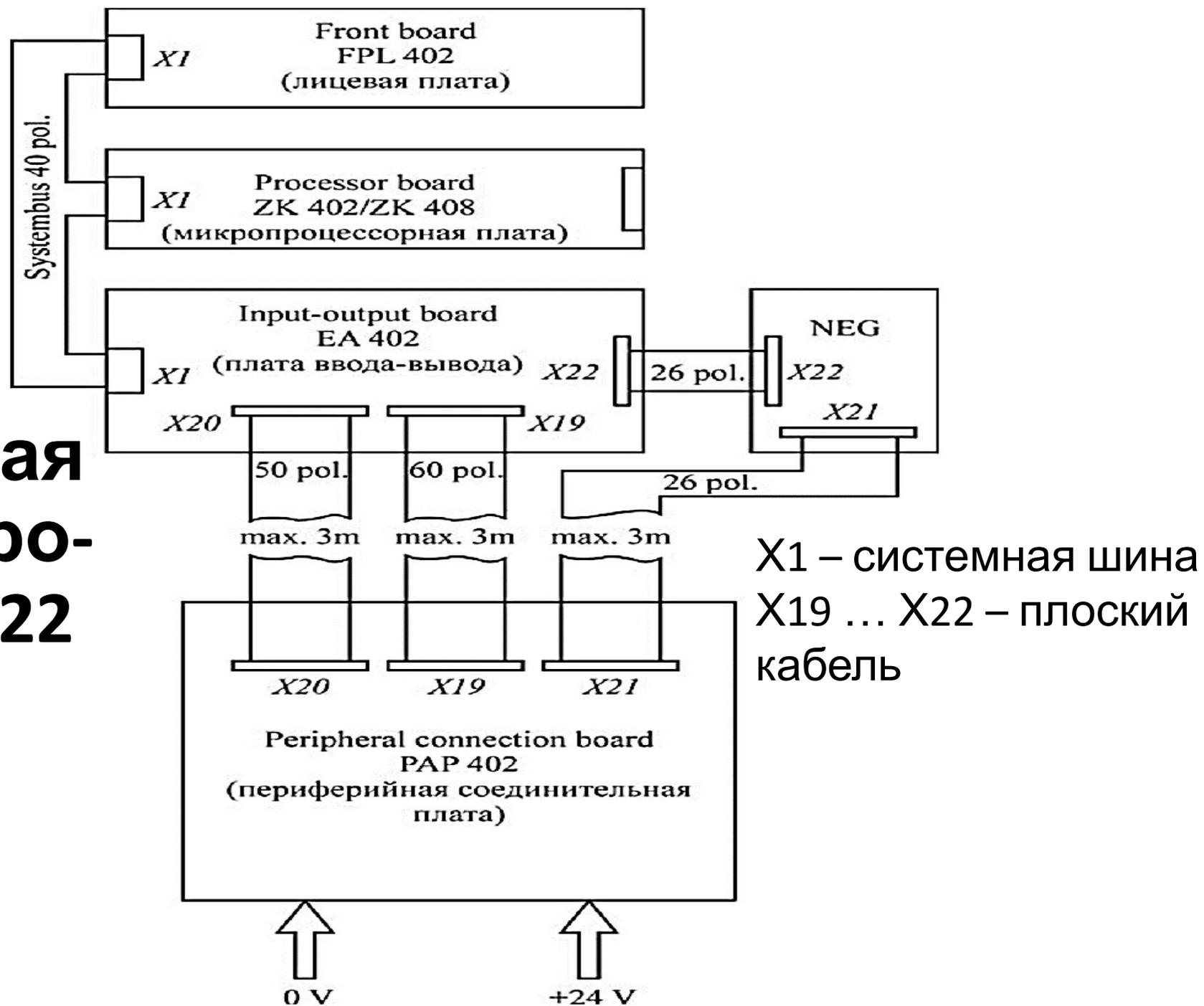
LSG и(или) блоки управления агрегатами передают информацию о рабочем состоянии и контролируемых параметрах агрегатов в систему управления Geamar 100 ISM по **дополнительной шине**

DSG 822

Состоит из пяти плат в одном корпусе,
находится на лицевой части панели ГРЩ;
периферийная соединительная плата РАР 402 на задней части той же
панели

- **микропроцессорная плата ZK 408,**
 - **лицевая плата FPL 402,**
 - **плата ввода-вывода EA 402,**
 - **плата блока питания NEG,**
- **периферийная соединительная плата РАР 402.**

Структурная схема микро- ЭВМ DSG 822



LSG 821

Состоит из четырёх плат в одном корпусе,
находится на лицевой части одной из панелей ГРЩ;
периферийная соединительная плата размещена на этой же панели
ГРЩ.

- **микропроцессорная плата ZK 408,**
 - **лицевая плата FPL 401,**
 - **плата ввода-вывода EA 401,**
- **периферийная соединительная плата PAP 401.**

Структурная схема микро- ЭВМ LSG 821

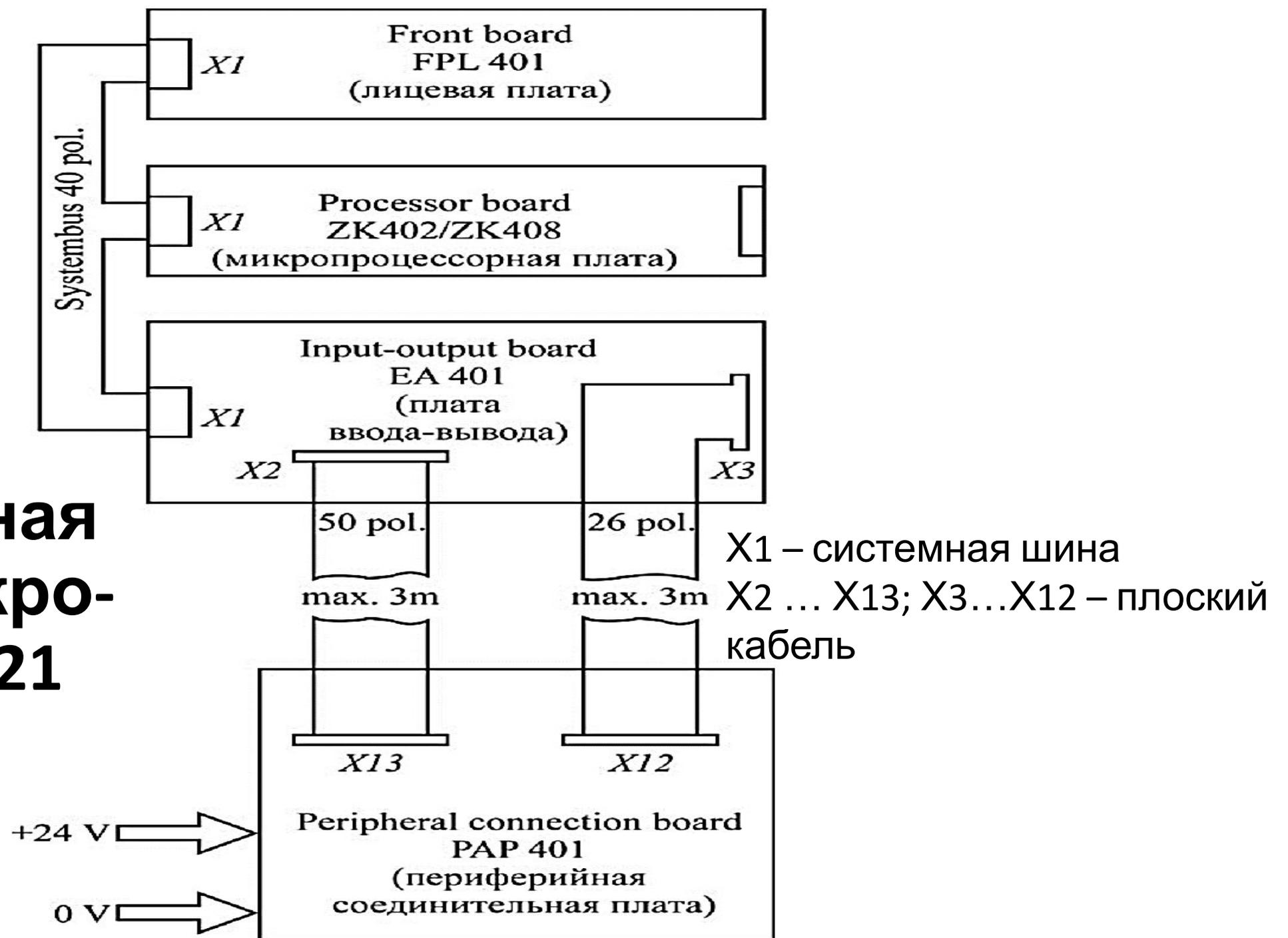
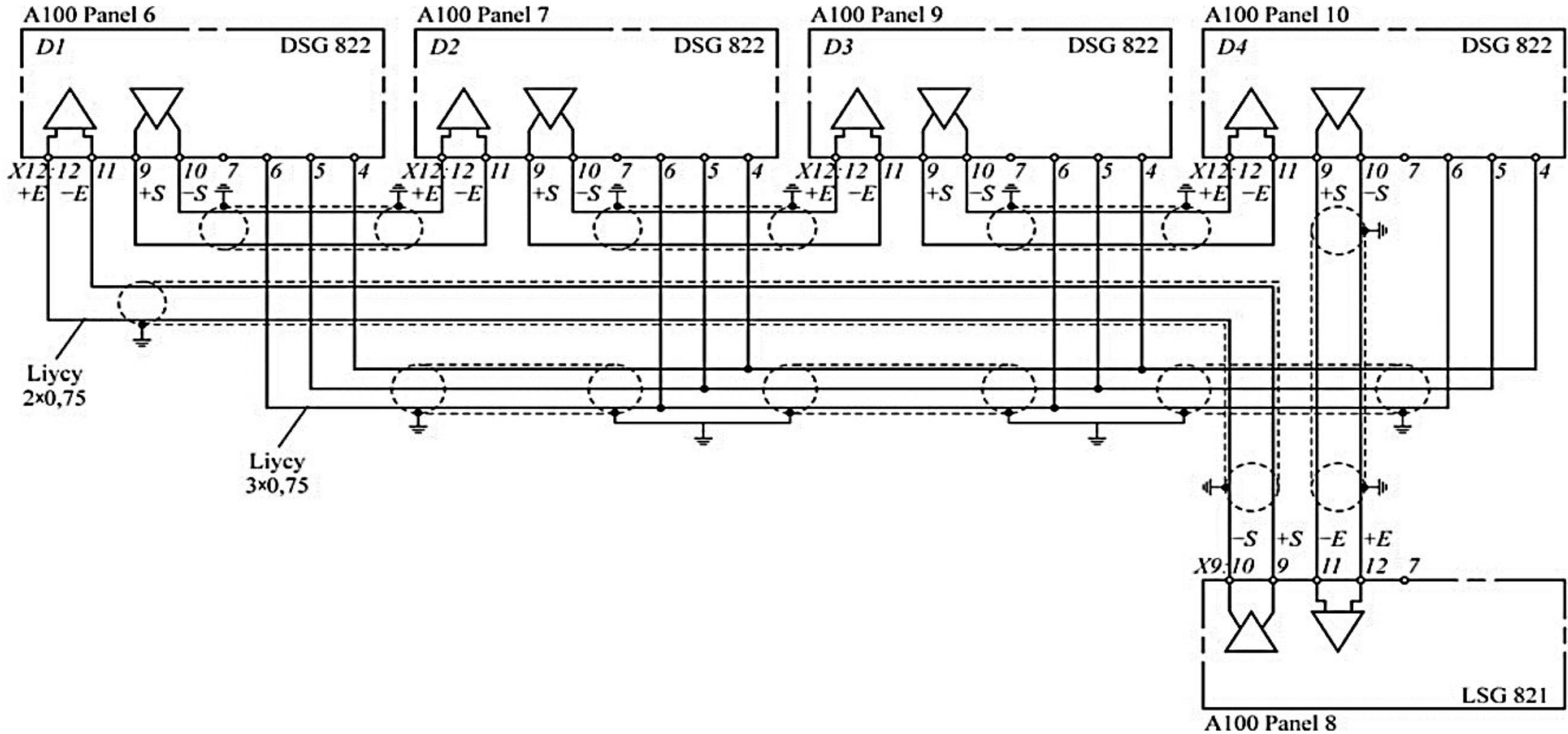
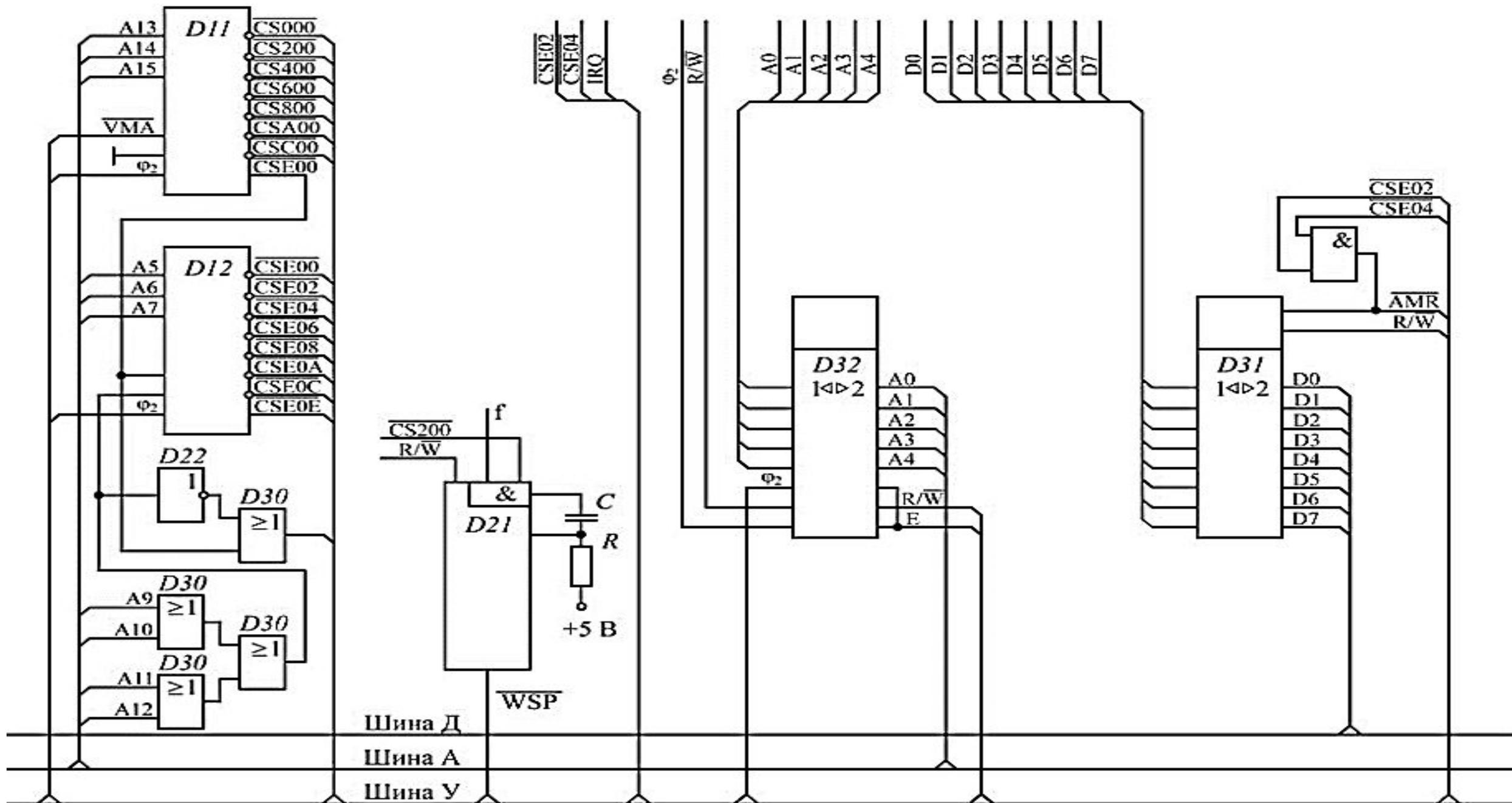


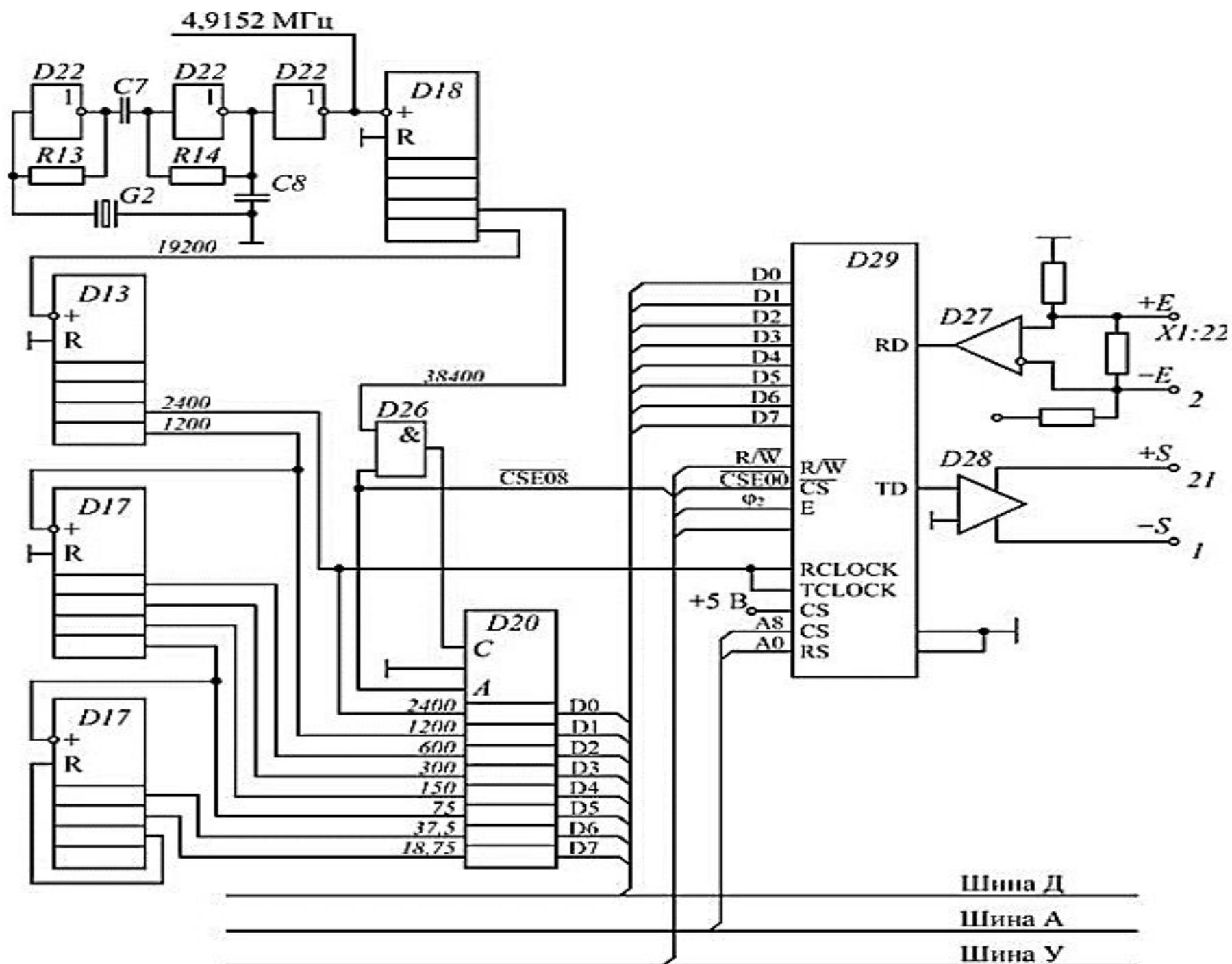
Схема связи между микро-ЭВМ



Микропроцессорная плата ZK 408

- микропроцессор,
- запоминающие устройства (ОЗУ, ППЗУ),
 - регистры,
- двунаправленные буферные усилители,
 - логические элементы,
 - триггеры,
- внешний генератор тактовых импульсов,
 - дешифраторы,
 - таймеры,
 - шина данных,
 - адресная шина,
 - шина управления.





- D2 и D3 – оперативное запоминающее устройство;
- D4...D9 – перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство;
- D10, D31, D32 – двунаправленные буферные усилители;
- D11, D12 – дешифраторы;
- D22 – генератор тактовых импульсов с кварцевым резонатором G2;
- D18 – восьмиразрядный счетчик, D13, D17 – четырехразрядные счетчики;
- D20 – регистр;
- D29 – приёмопередатчик, D27 и D28 – буферные усилители

Лицевая плата FPL 402

объединяет элементы коммутации и индикации на передней части лицевой платы расположены:

- кнопки (некоторые из них снабжены светодиодами),
 - переключатель,
 - дисплей,
 - светодиоды-индикаторы состояния

микро-ЭВМ, дизеля, генератора, для сигнализации о срабатывании защиты генератора и возникновении аварийных ситуаций

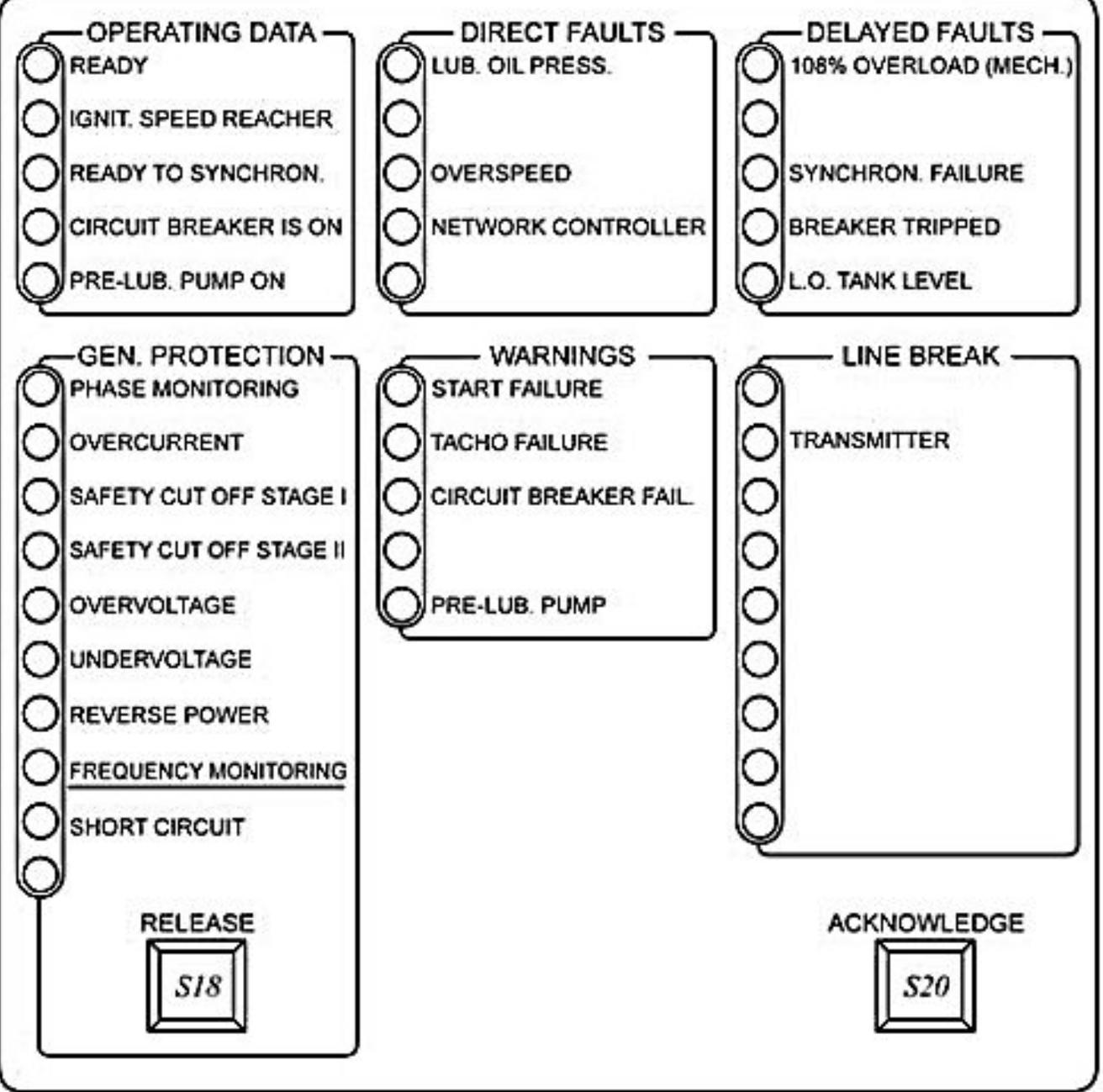
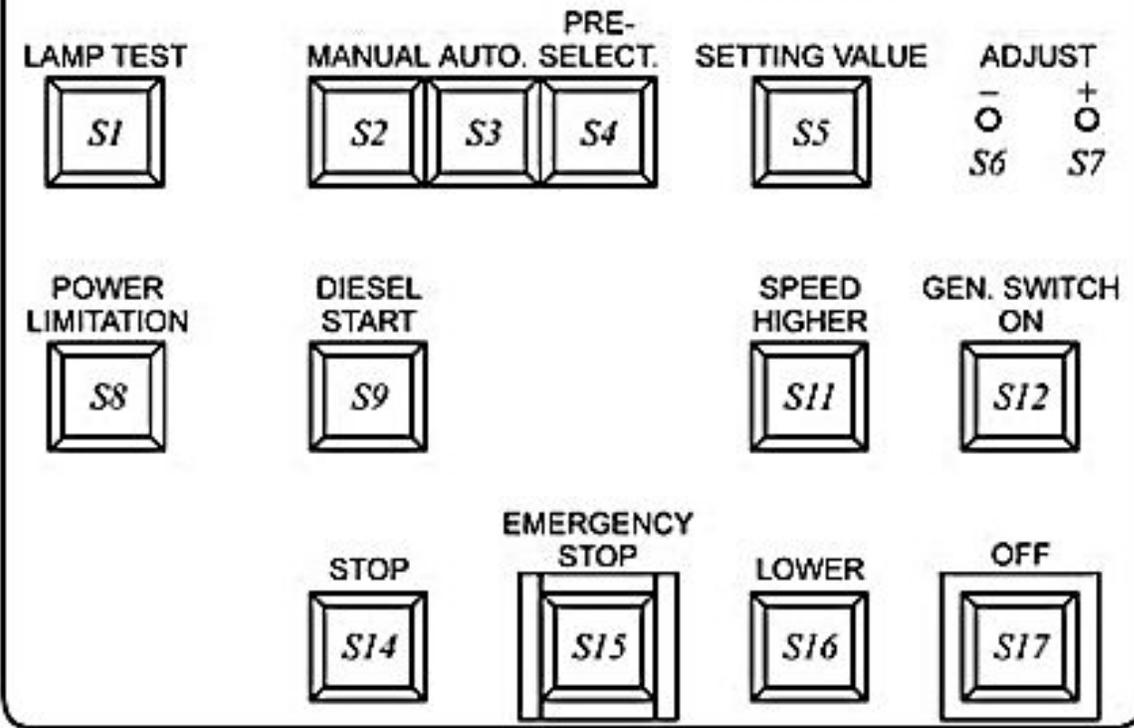
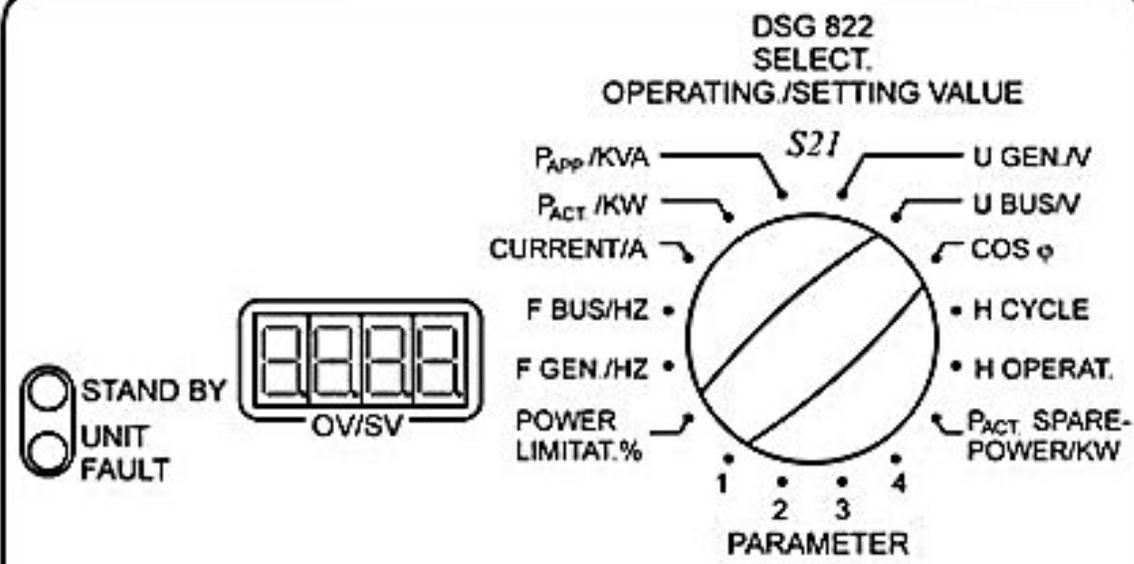


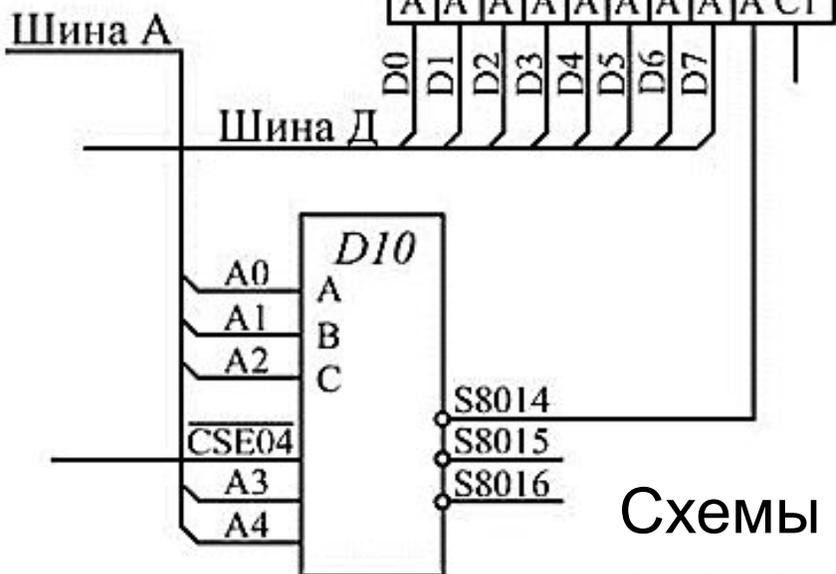
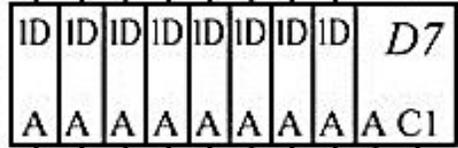
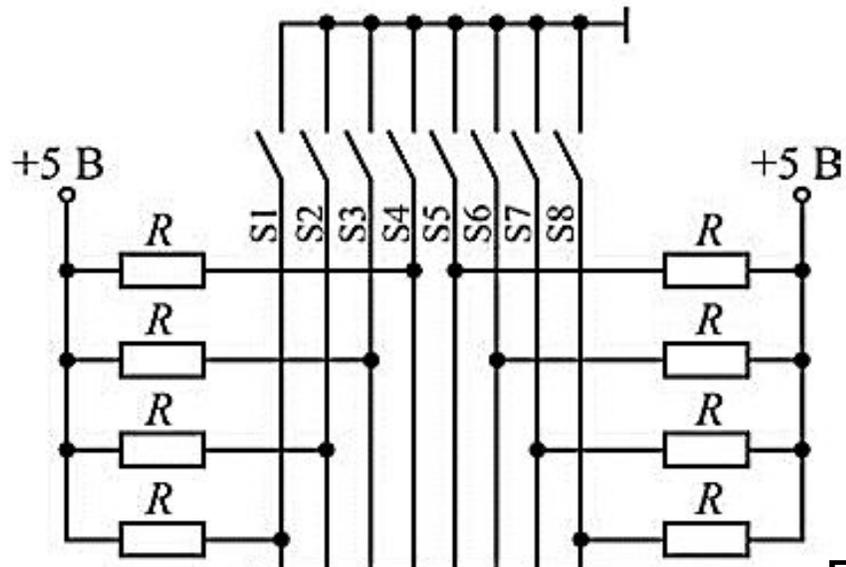
Схема связи органов управления с микро-ЭВМ

ЭВМ

Все органы управления (кнопки и переключатель) разделены на три группы; контакты кнопок каждой из групп (а также переключателя) подсоединены к отдельному шифратору; на рисунке показаны кнопки S1-S8 с шифратором на микросхеме D7;

при замыкании контакта изменяется код в шифраторе

По адресной шине A0-A4 информация в двоичном коде поступает на входы дешифратора (микросхема D10); при наличии сигнала CSE04 происходит считывание информации из шифратора на шину данных микро-ЭВМ.



Схемы связи остальных двух групп кнопок с микро-ЭВМ аналогичны

Схема индикации платы FPL 40

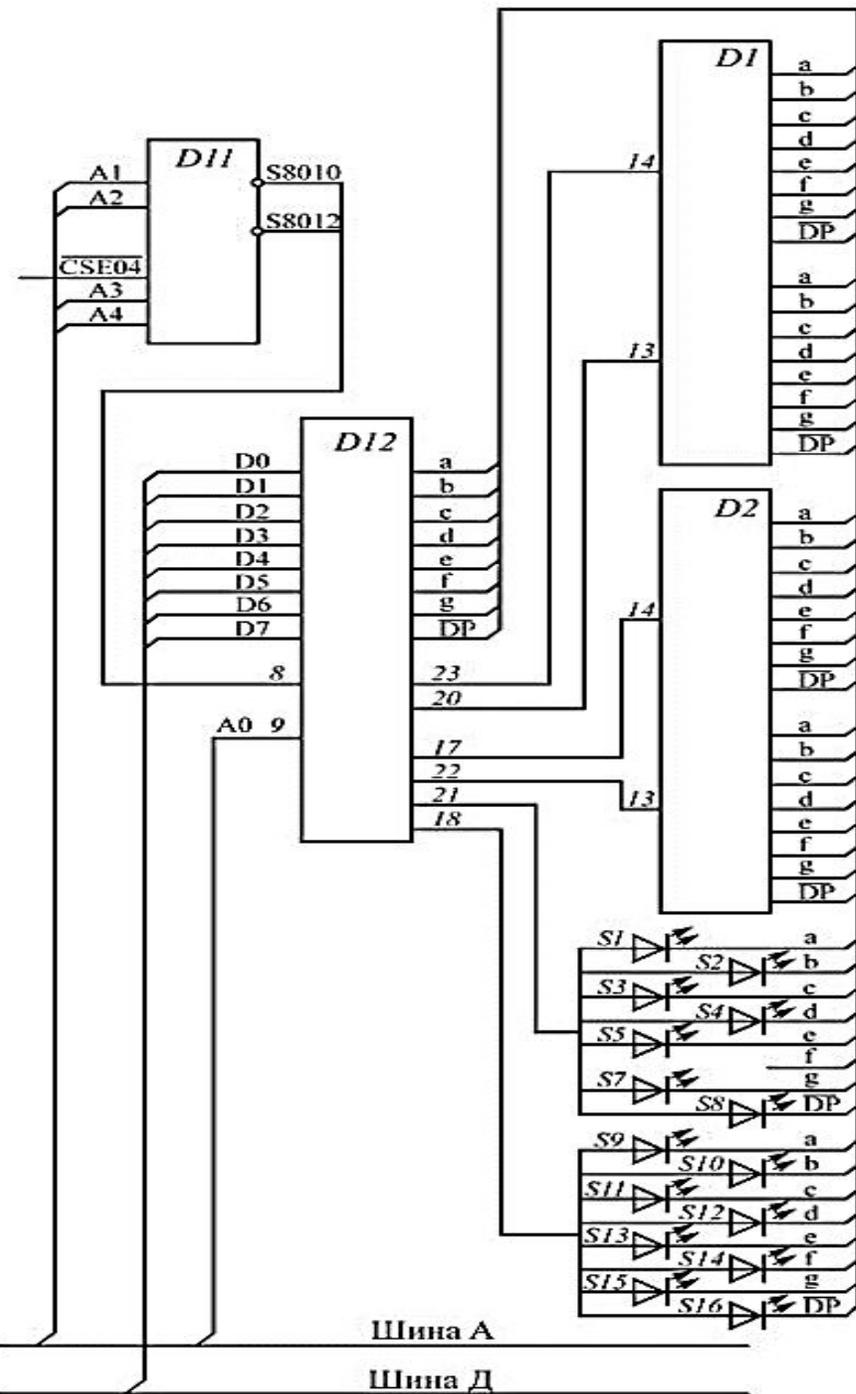
Дисплей служит для индикации заданных параметров, рабочих величин и аварийных сигналов.

Он состоит из четырех семисегментных индикаторов (D2 и D1), каждый из которых получает управляющие сигналы от дешифратора (D12).

Управление дешифраторами индикации происходит посредством микросхемы D11, на входы которой поступают сигналы с адресной шины A1-A4 и CSE04 (выбор и подключение).

Выходной сигнал от D11 – S8010 управляет дешифратором D12.

Дешифратор D12 необходим и для управления индикацией светодиодов S1-S5, S8, S9, S11, S12, S14-S17.



СВЯЗИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ПЛАТЫ ZK 408 С ПЛАТОЙ ВВОДА-ВЫВОДА EA 402

Двунаправленный буферный усилитель D19 соединяет шину данных ZK 408 с шиной данных EA 402.

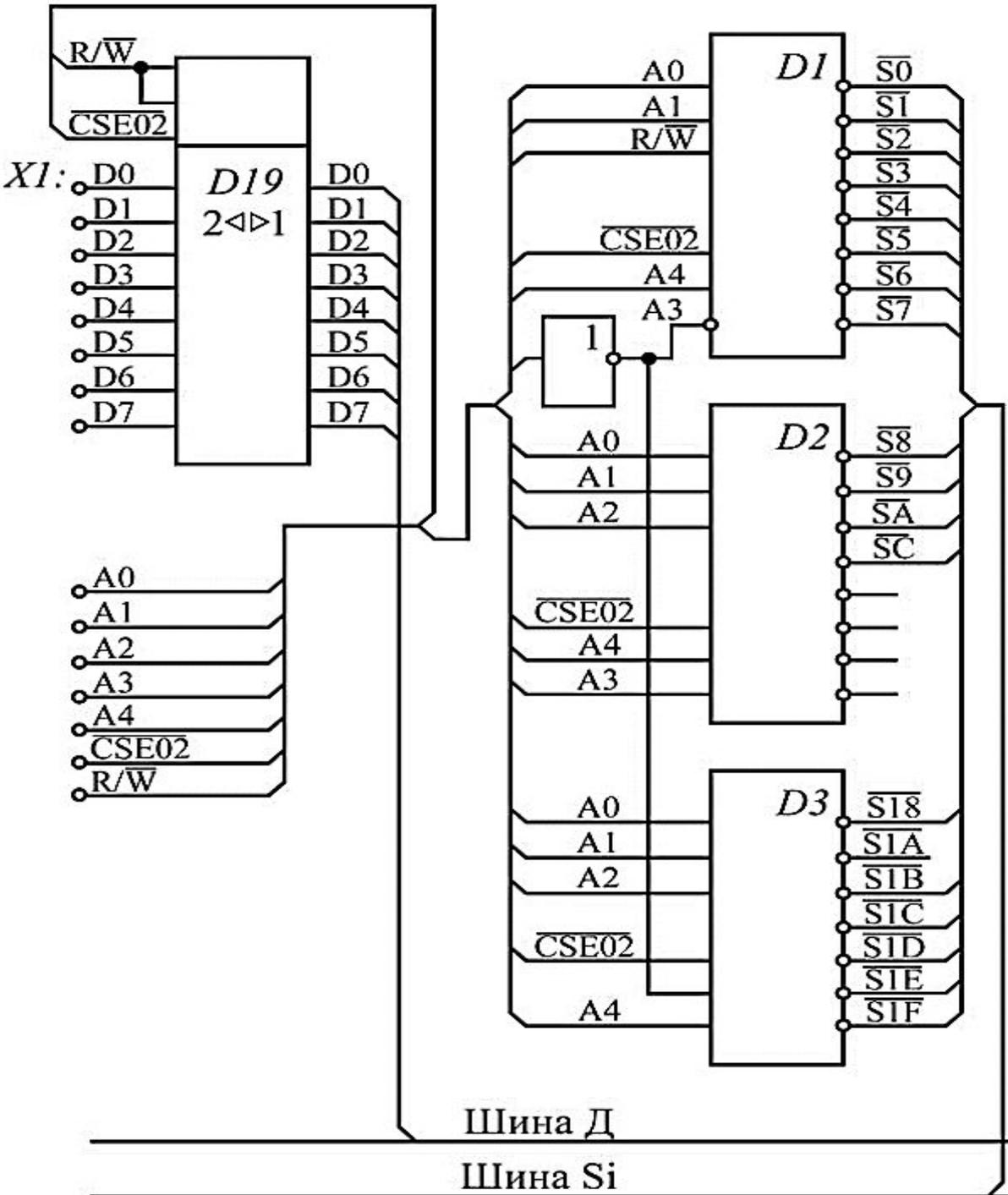
Сигнал R /W– (от МП) задаёт направление передачи.

По адресной шине двоичные сигналы A0-A4 поступают на дешифраторы D1, D2, D3 платы EA 402.

При наличии сигналов R /W– и CSE02– происходит обработка входных сигналов.

Так, код входных сигналов A0, A1, A3, A4 для дешифратора D1 определит появление сигналов S0-S7 на его выходах.

Аналогично коды входных сигналов A0, A1, A2, A3, A4 для дешифраторов D2 и D3 определяют сигналы на их соответствующих выходах: S8–, S9–, SA–, SC– для D2 и S18–, S1A–, S1B–, S1D–, S1E–, S1F– для D3.

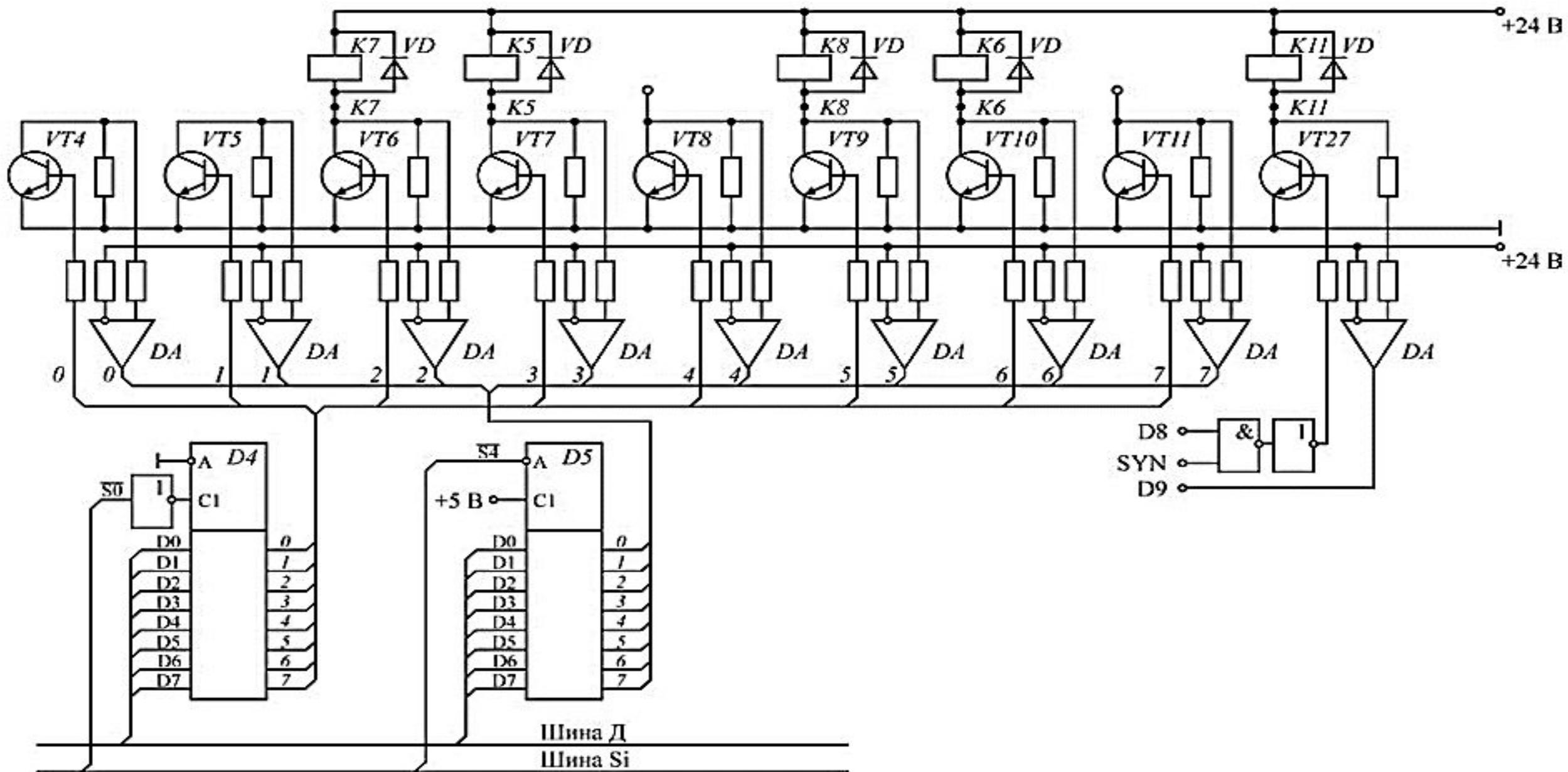


Три группы бесконтактных ключей на плате ЕА 402

- 1-я – для управления электромагнитными реле,
 -
- 2-я – индикация рабочих режимов электроэнергетической установки,
- 3-я – прием сигналов внешних органов управления

Принципиальная схема бесконтактных ключей

Первой группы



Первая группа бесконтактных ключей

Схема состоит из:

- регистров D4, D5, которыми управляют сигналы S0–, S4–;
- регистр D4 служит для управления транзисторными ключами (для электромагнитных реле РАР 402);
регистр D5 сохраняет сигналы с бесконтактных ключей на операционных усилителях.
- восьми бесконтактных ключей VT4-VT11,
 - восьми бесконтактных ключей на операционных усилителях DA.

Бесконтактные ключи коммутируют цепи в следующих электромагнитных реле:

К5 – реле контроля достижения дизелем частоты вращения вспышки;

К6 – отключение неответственных потребителей;

К7 – блокировка автомата при коротком замыкании;

К10, К14 – включение насоса предварительной смазки;

К11 – включение автомата генератора;

К12 – выключение автомата генератора;

К17 – пуск дизеля;

К18 – остановка дизеля;

К19 – обобщенная аварийная сигнализация (немедленная остановка дизеля);

К20 – обобщенная аварийная сигнализация (остановка дизеля с выдержкой по времени);

К21 – отключение аварийной сигнализации;

К22 – предупредительная аварийная сигнализация;

К23 – регулирование частоты вращения дизеля (увеличение);

К24 – регулирование частоты вращения дизеля (уменьшение).

Работа бесконтактного ключа, коммутирующего цепь реле К11

На базу транзистора этого бесконтактного ключа сигнал поступает после прохождения двух последовательно включенных элементов:
«И-НЕ» и «НЕ».

На один из входов элемента «И-НЕ» приходит сигнал с регистра D8, на другой вход – сигнал о соблюдении условий синхронизации «SYN».

Таким образом реле К11 подключает автомат генератора только при наличии двух сигналов:
сигнала с регистра об открытии транзисторного бесконтактного ключа и сигнала о соблюдении условий синхронизации.

Вторая группа бесконтактных ключей

- подключают световую сигнализацию на посту управления в ЦПУ, индицируя следующие режимы работы ЭЭУ:
 - «Дизель не готов к работе»,
 - «Автоматическая работа»,
 - «Дизель вращается»,
 - «Готовность к работе».

- Часть бесконтактных ключей этой группы использована для создания аварийной телеграфной связи.

Бесконтактные ключи этой группы отличаются от ключей первой группы тем, что вместо транзисторов здесь применены операционные усилители. Эти операционные усилители работают с положительной обратной связью в ключевом режиме.

Третья группа бесконтактных ключей

**для приема сигналов внешних органов управления;
выполнена на сборках с операционными усилителями DA,
каждая сборка имеет четыре операционных усилителя;**

**когда на неинвертирующий вход такого операционного усилителя
поступает положительный потенциал,
на выходе появляется логическая «1» и записывается в регистр D13,
сигнал S8– активирует считывание из D13
содержимого этого регистра на шину данных.**

При нажатии на посту управления в ЦПУ на кнопки:

«Пуск дизеля»,

«Остановка дизеля»,

«Автоматический режим»,

«Включение генератора»,

«Выключение генератора»,

«Аварийная остановка»

на неинвертирующие входы ОУ подаются положительные потенциалы.

**Кроме того, положительный потенциал в ОУ может поступать
из цепи контроля проводов датчиков,
от датчика давления насоса предварительной смазки
и при ситуации «Blackout» (обесточивание).**

Принципиальная схема бесконтактных ключей третьей группы

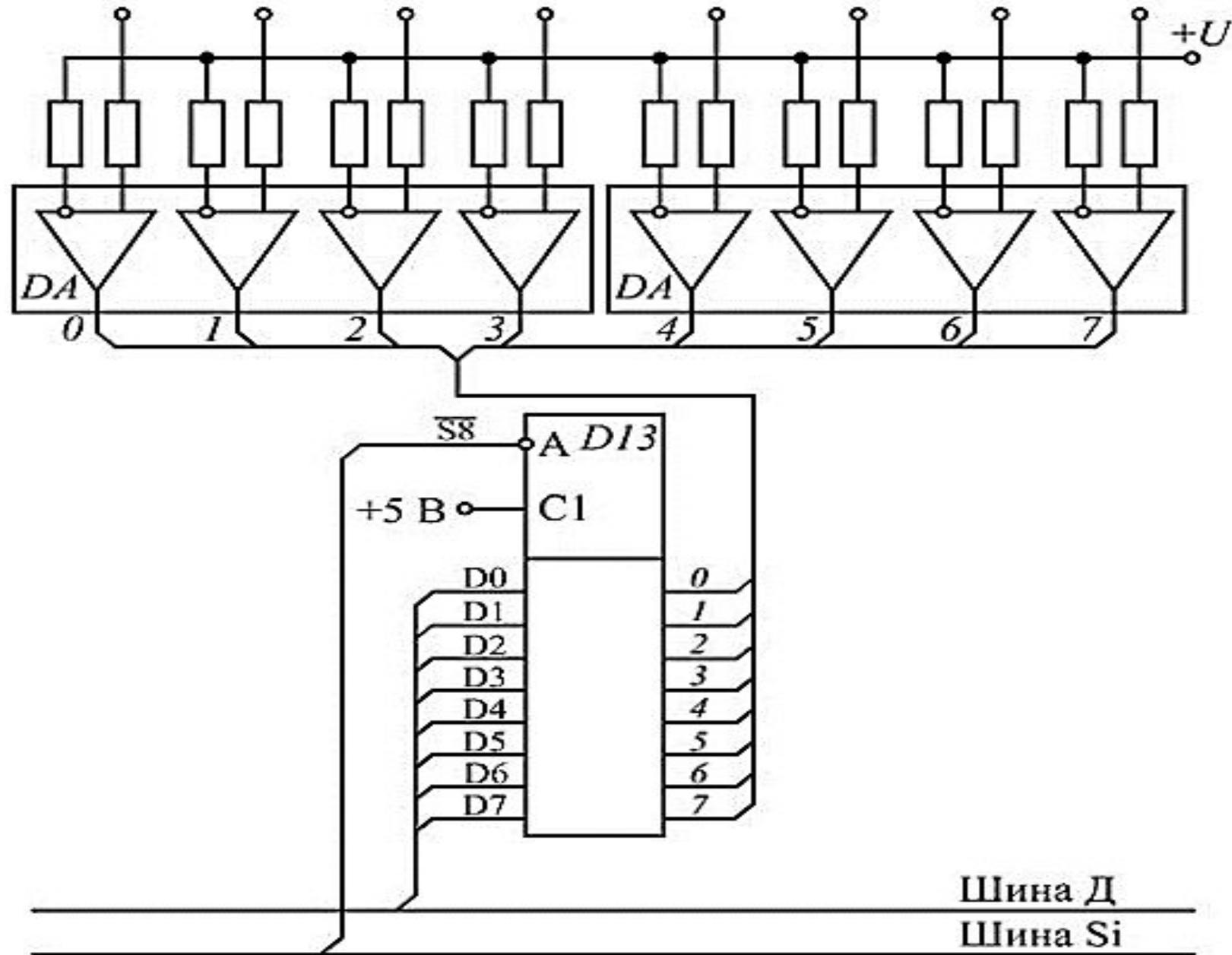


Схема преобразования аналоговых каналов

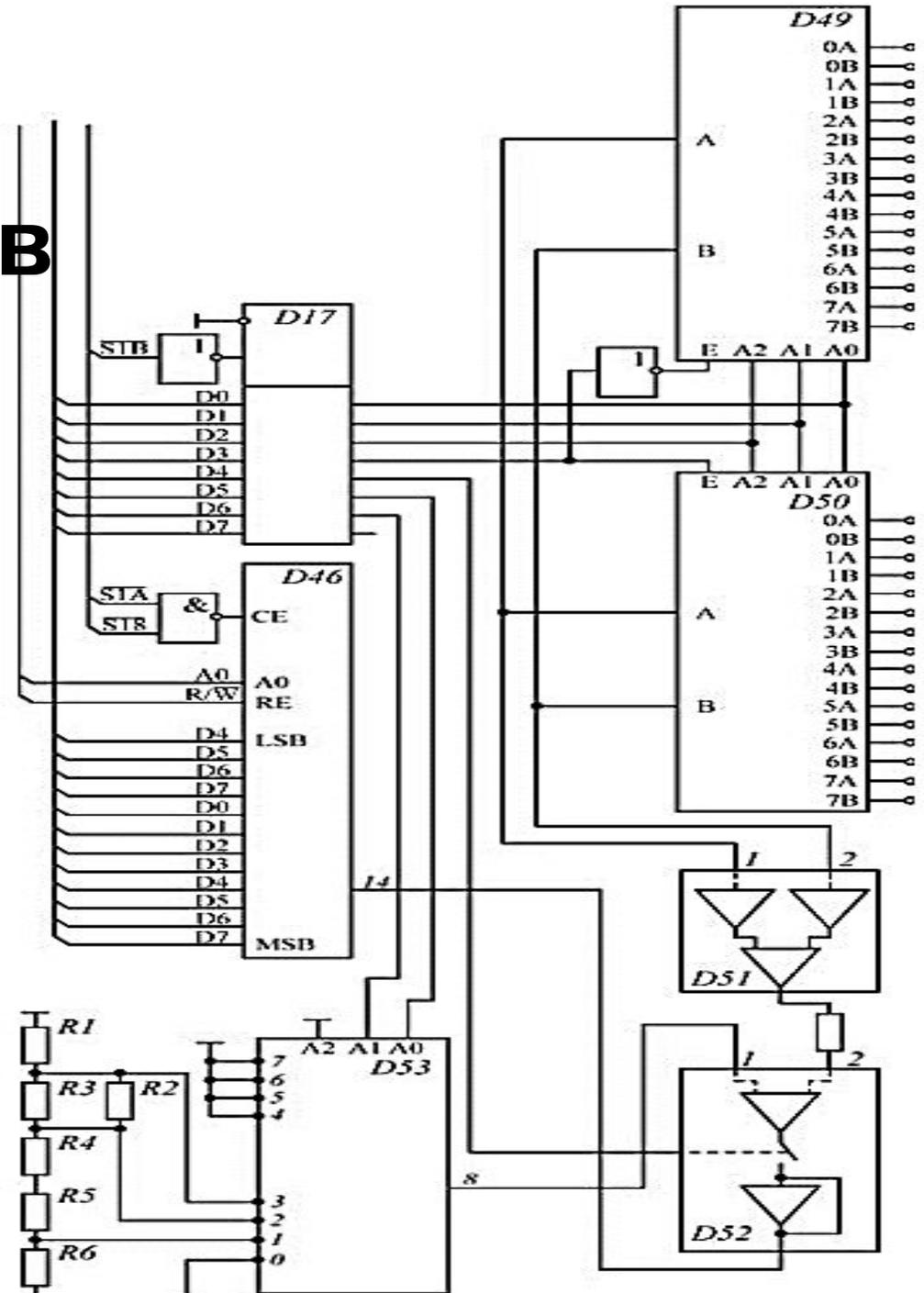
D49, D50, – мультиплексоры;

D17 – регистр;

D51 – усилитель;

D52 – схема выборки хранения;

D46 – аналого-цифровой преобразователь (ADU)



Периферийная соединительная плата

РАР 402

служит для соединения микро-ЭВМ между собой,

к ней подключены различные органы управления электроэнергетической установкой (ЭЭУ),

и поступают сигналы о напряжениях и токах генератора,
сигналы с датчиков дизеля.

На РАР 402 расположены электромагнитные реле,
служащие для осуществления контроля и управления ЭЭУ.

. Питание к РАР 402 поступает через выпрямитель
от источника постоянного тока напряжением 24 В.

На РАР 402 расположены два датчика напряжения
и три датчика тока.

Схемы блока управления LSG 821

- В блоке управления LSG 821, так же как и в блоке DSG 822, применена **микропроцессорная плата ZK 408**, принципы работы которой в обеих микро-ЭВМ различаются только диапазоном адресов микросхем памяти.

- **Плата ввода-вывода EA 401**

- служит для приема и обработки сигналов:

- двоичных с микропроцессорной платы ZK 408,

- дискретных и аналоговых – с периферийной соединительной платы PAP 401

- **Периферийная соединительная плата PAP 401**

- функции аналогичны функциям PAP 402;

- к PAP 401 подключены внешние коммутирующие элементы,

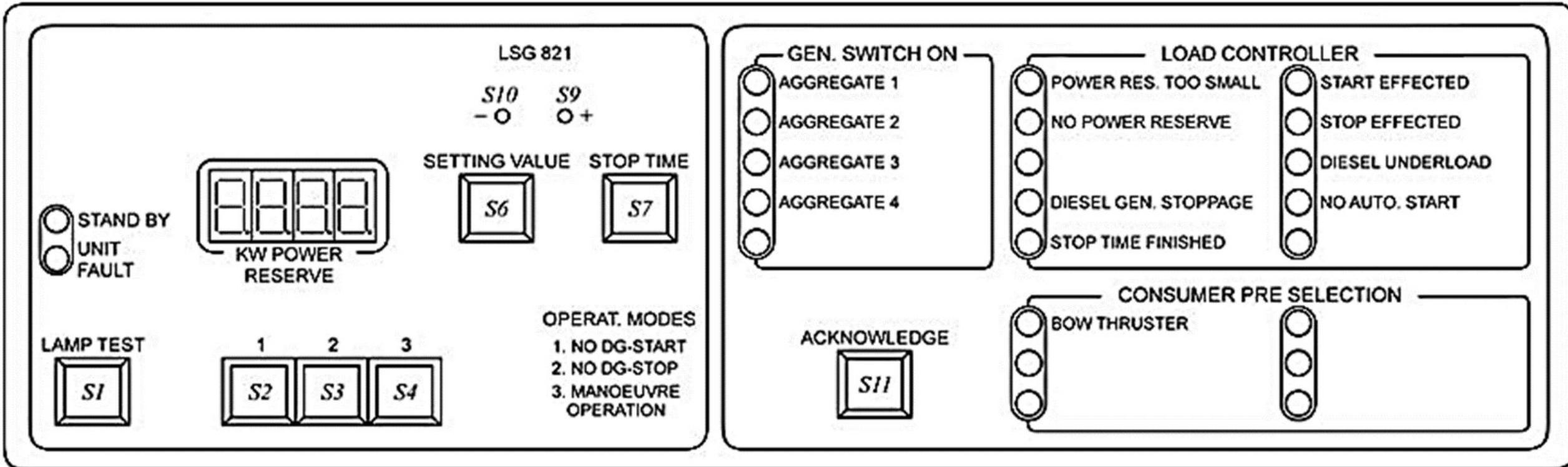
- и источник питания 24 В;

- на PAP 401 поступает сигнал о напряжении на шинах главного распределительного щита,

- сигнал преобразуют два датчика напряжения.

Лицевая плата FPL 401

СЛУЖИТ ДЛЯ КОММУТАЦИИ И ИНДИКАЦИИ



S1-S4, S6, S7, S9-S11 – кнопки

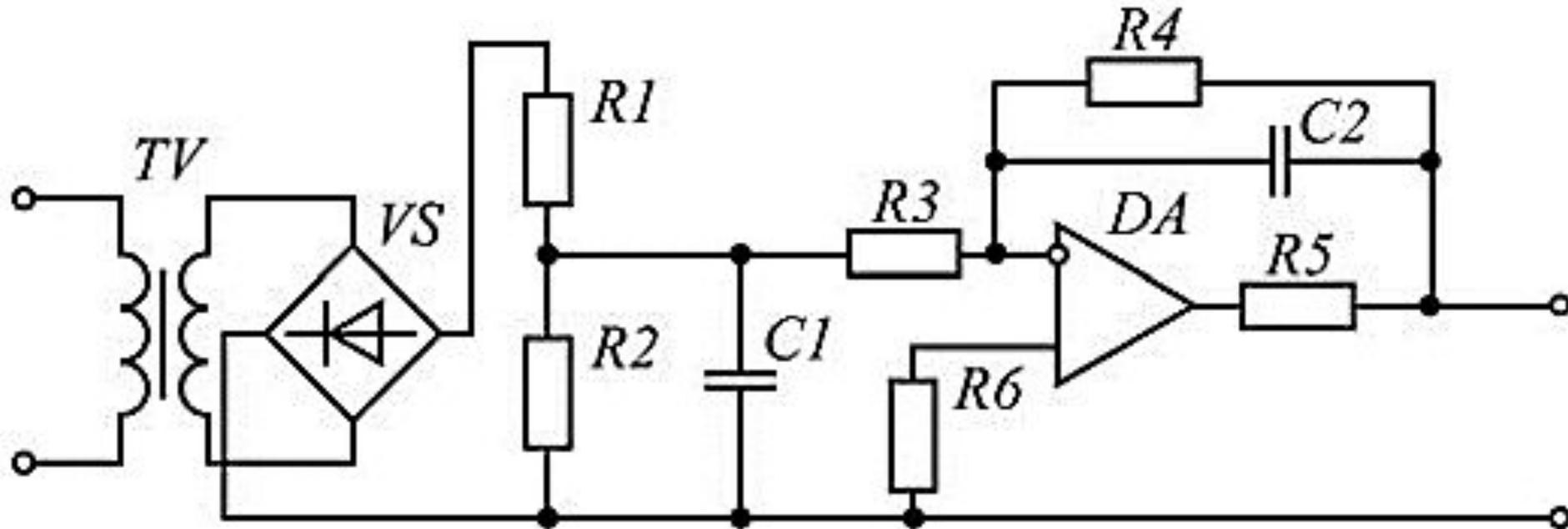
дисплей для индикации:

- рабочих кодов,
- параметров заданных величин,
- для указания кодов аварийных сигналов.

светодиодная индикация:

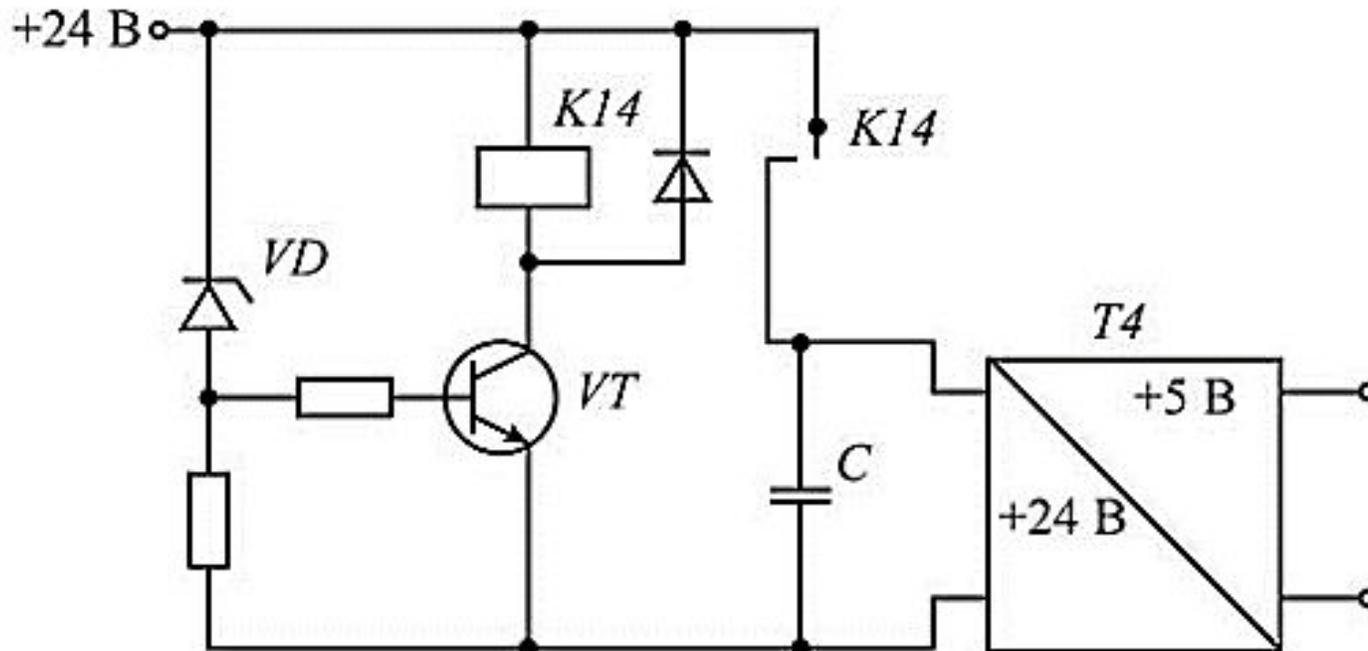
- состояний генераторных автоматов,
- нагрузки дизелей,
- значений резервной мощности,
- информации о пуске и остановке дизеля.

Принципиальная схема вторичного датчика напряжения платы PАР 401



К вторичной обмотке трансформатора TV подключен пассивный двухполупериодный выпрямитель VS; выходное напряжение этого выпрямителя поступает на фильтр нижних частот с операционным усилителем DA

Принципиальная схема контроля напряжения платы РАР 401



Если величина напряжения, поступающего на плату РАР 401, превышает $17,5 \pm 0,5$ В, то открывается транзистор *VT* и включает реле *K14*.

Реле *K14* своими контактами подает питание на стабилизатор напряжения *T4*.

Его выходное напряжение составляет +5 В.

После уменьшения напряжения транзистор *VT* закрывается, что приводит к отключению реле *K14*.

При этом прекращается подача напряжения на стабилизатор.

Режимы работы блока DSG 822

ручной или автоматический

выбирают нажатием на соответствующую кнопку:
«Manual» для ручного и «Auto» для автоматического:

в ручном режиме пуск и остановку дизеля осуществляют путем нажатия на соответствующие кнопки – «Start» или «Stop»,
вручную осуществляют синхронизацию,
подключение генератора к шинам главного распределительного щита (ГРЩ)
и распределение активной мощности;

при обесточивании судна автоматический пуск дизеля не происходит;
в автоматическом режиме операции по запуску и остановке дизеля,
синхронизация, подключение генератора к шинам ГРЩ и
распределение активной мощности выполняются автоматически.

Индикация рабочих величин, аварийных сигналов и параметров заданных величин

Дисплей индицирует 12 рабочих величин.

Выбор с помощью переключателя S21 – «Select operation/Setting value» (слайд 17); При аварийном сигнале индикация рабочей величины исчезает, возобновляется после исчезновения аварийного сигнала и квитирования

Аварийные сигналы.

контролируется ZK 408, EA 402, 162, PAP 402. работа дизеля и генератора.

Аварийные сигналы закодированы.

При неисправности мигающая индикация, указывающая тот или иной код.

После исчезновения аварийных сигналов их индикация прекращается.

После квитирования происходит прекращение мигания,
но сохраняется постоянное свечение светодиода

Индикация и изменение параметров заданных величин, определяющих функционирование ЭЭУ

Для значения каждой величины основа вычисления – параметр Z; каждая заданная величина имеет свой код (параметр).

переключатель S21 («Select operation/Settingvalue») – выбор диапазона (слайд 17).

индикация параметра имеет вид XXYY, где XX – код параметра, а YY – его значение. При каждом нажатии на кнопку S5 («Setting value») – смена одного параметра другим (слайд 17)

удерживая кнопку «Setting value» в нажатом положении,

можно переключать параметры внутри диапазона с помощью кнопок S6, S7 («Adjust»);

кнопка «+» переключение в прямом направлении, а «-» в обратном,

а также изменение значения для выбранного параметра, которое фиксируется в ОЗУ (RAM); Это приводит к возникновению различий между содержанием ОЗУ и ПЗУ (EPROM);

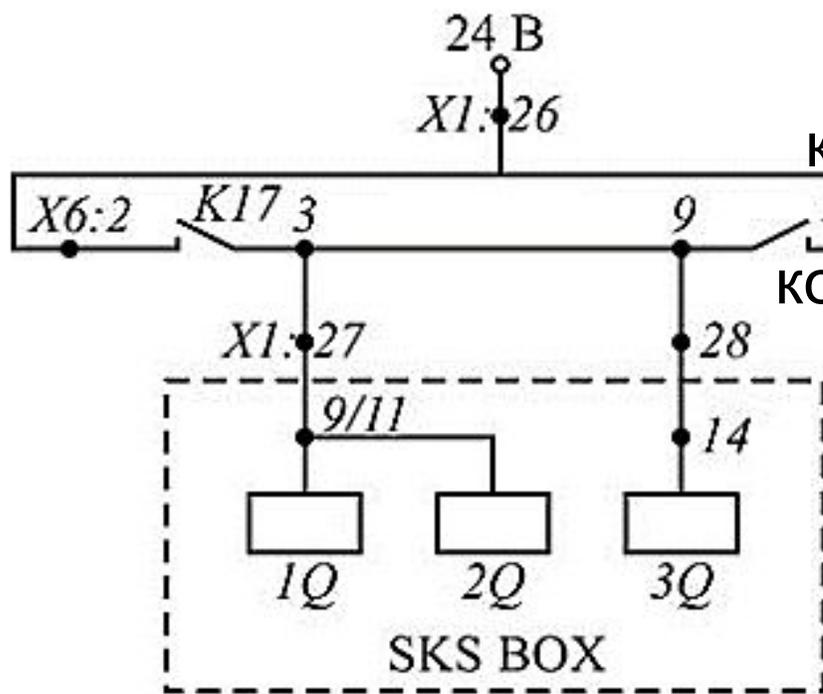
и, как следствие, появление мигающей индикации, демонстрирующей новое значение, которое должно быть квити́ровано, что перенесёт новое значение в ПЗУ;

в результате переноса происходит изменение контрольной суммы

и, как следствие, мигающая индикация,

показывающая новое значение контрольной суммы, которое необходимо квити́ровать, наконец, при помощи переключателя выбирают желаемую рабочую величину.

Схема пуска и остановки дизеля



Пуск дизеля – кнопка «Start», (в ЦПУ),
или кнопка S9 – «Diesel start» (слайд 17)

кнопки действуют в ручном и в автоматическом режимах;

сигнал нажатия кнопки поступает на ШД МП,
который посылает команду на включение реле K17 РАР 402

и, как следствие, получают питание контакторы 1Q, 2Q
1Q – для подключения пускового электромагнита,
а 2Q – для подключения электромагнита сжатого
воздуха;

клеммы X6:2, 3, 8, 9 расположены на РАР 402,
а клеммы X1:26, 27, 28 – на панелях ГРЩ 13, 14.

В автоматическом режиме пуск дизеля может быть по команде от микро-ЭВМ LSC 821.

Очередность запуска дизелей определяет параметр An;

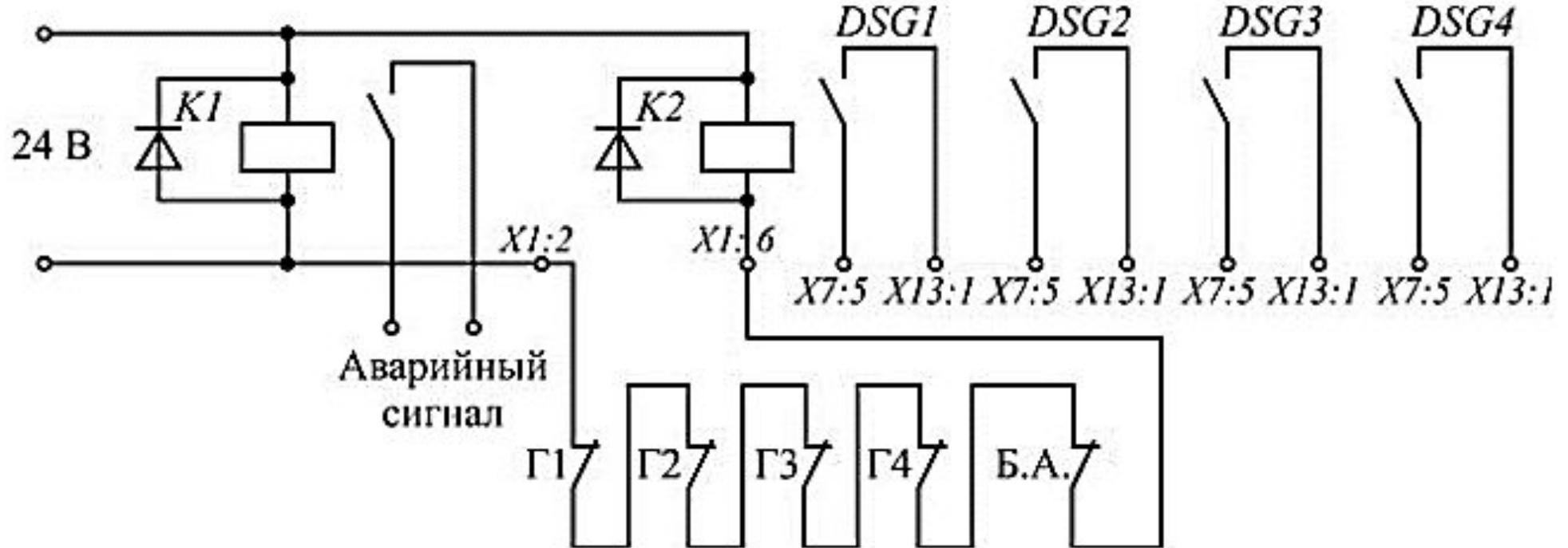
первым происходит запуск дизеля с низшим номером,

однако независимо от значения An выбрать дизель, который будет запущен первым,
можно с помощью кнопки S4 – «Preselection» («Предварительный выбор»);

при одновременном нажатии нескольких «Preselection» запускается дизель с низшим
номером;

повторное нажатие этой кнопки аннулирует предварительный выбор.

Схема обнаружения обесточивания судна («Blackout»)



В автоматическом режиме запуск дизеля происходит при обесточивании судна;

обесточивание приводит к срабатыванию электромагнитного реле *K2*
Своими контактами реле *K2* замыкает цепи

между клеммами *X7:5* и *X13:1* периферийной соединительной платы РАР 402.

Упрощённая принципиальная схема подачи сигнала к микро-ЭВМ при «Blackout»

Срабатывание реле K2 приводит к подаче питания к светодиоиду оптоэлектронной пары V10.

Открытие транзистора оптоэлектронной пары вызывает подачу положительного потенциала на вход операционного усилителя сборки N14, с выхода которого сигнал запроса о пуске дизеля идёт на регистр D15;

время задержки пуска дизеля определяет параметр 4H;

очередность запуска дизелей определяют предварительным выбором, при его отсутствии происходит запуск дизеля с низшим номером;

допустимое число попыток запуска дизеля – до пяти (параметр 5U) ;

если после прохождения заданного количества попыток запуск дизеля не произошёл, команда пуска передается следующему дизелю, предварительно выбранному или как очередному в соответствии с параметром An;

при пуске дизеля осуществляется постоянный контроль за частотой его вращения, время, необходимое для достижения дизелем заданных значений, определяют параметры 1U, 2U.

1U – максимальное время, требуемое для достижения минимального значения частоты вращения

(80 % от номинальной) после того, как дизель достигнет частоты вращения, при которой происходит вспышка – $1 \leq t \leq 20$ с.

2U – максимально допустимое время пуска : $1 \leq t \leq 20$ с.

3U – интервал времени между двумя последовательными попытками пуска, при этом $1 \leq t \leq 99$

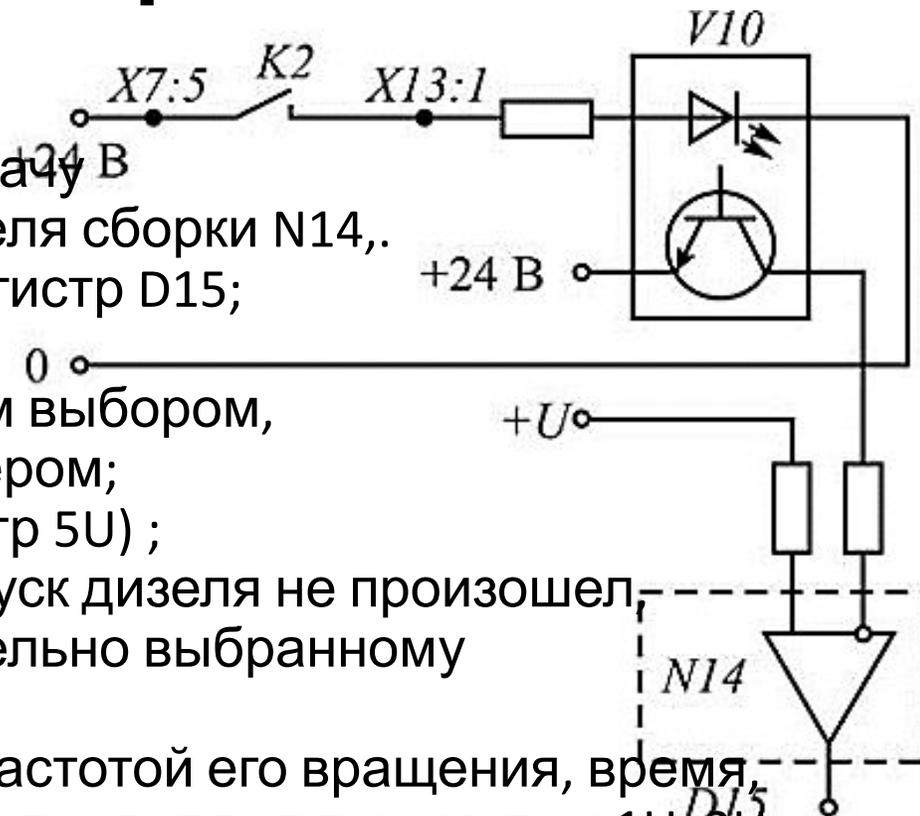
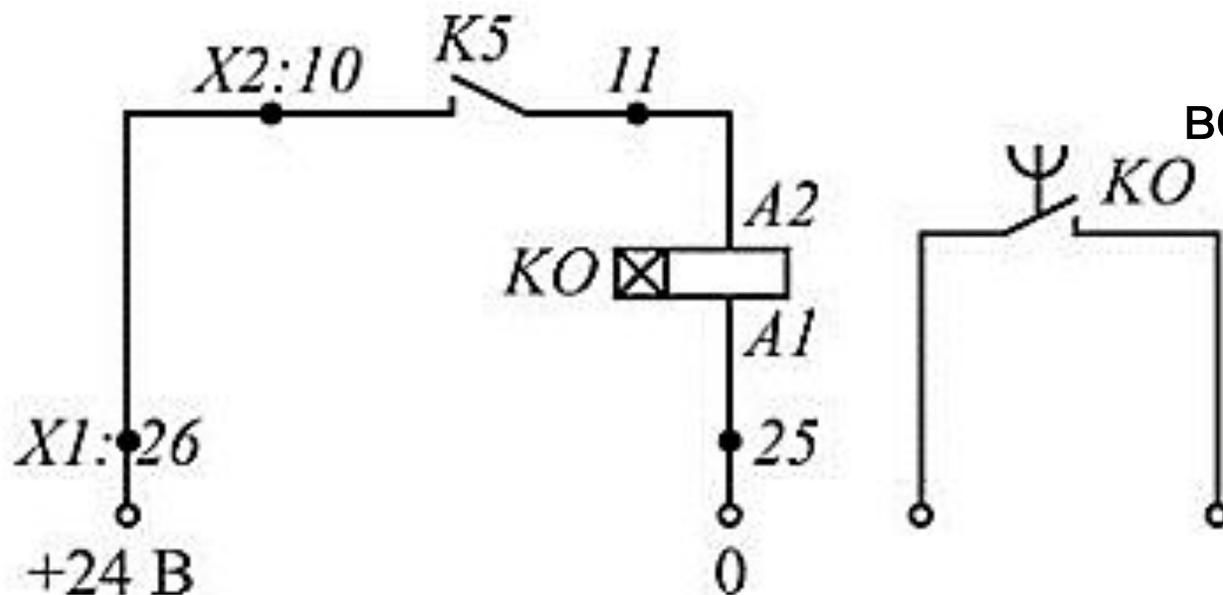


Схема передачи сигнала в цепь возбуждения генератора

Когда дизель достигает частоты вращения, при которой происходит вспышка, возникает сигнал на включение реле К5 РАР 402;

срабатывание реле К5 приводит к подаче питания на реле К0



клеммы X2:10, 11 расположены на плате РАР 402;

реле К0 обозначены в соответствии с номерами дизель-генераторных установок: К01, К02, К03, К04.

Реле К01 с некоторой выдержкой времени замыкает контакт в цепи катушки реле 1К7, которое воздействует на цепь возбуждения генератора; аналогично подключены и контакты других реле К0.

Пуск дизеля

связан с работой насоса предварительной смазки

Насос может работать в двух режимах: непрерывном и импульсном;

оба режима осуществляются при частоте вращения дизеля,

значение которой ниже значения частоты вращения, при которой происходит вспышка.

Максимальное время предварительной смазки, за которое давление смазки достигает заданного

значения, определяет параметр **4U**, при этом $0 \leq t \leq 99$ с;

пуск происходит один раз при достижении давлением предварительной смазки заданного значения;

при $t = 0$ насос предварительной смазки работает в непрерывном режиме;

в этом же режиме он работает и при ситуации «Blackout»;

контроль давления в непрерывном режиме начинается спустя некоторое время после пуска насоса;

период этой задержки времени определяет параметр **5L**, при этом $2 \leq t \leq 99$ с.

При работе насоса предварительной смазки в импульсном режиме

необходимо задать время включения насоса и время паузы;

время включения определяет параметр **3L**, при этом $0 \leq t \leq 99$ с;

время паузы между импульсами определяет параметр **4L**, при условии, что $0 \leq t \leq 99$ с;

при $t = 0$ импульсный режим отсутствует.

После включения насоса предварительной смазки микро-ЭВМ осуществляет **контроль давления**;

При отсутствии давления микро-ЭВМ определяет наличие следующих условий:

- непрерывный режим работы насоса;
- импульсный режим работы насоса;
- обесточивание судна – «Blackout».

Если одно из этих условий соблюдено, то пуск дизеля происходит;

Если же не соблюдено ни одно из этих условий,

то параметр **7U** контролирует время достижения заданного значения для давления предварительной смазки, при условии $0 \leq t \leq 99$ с;

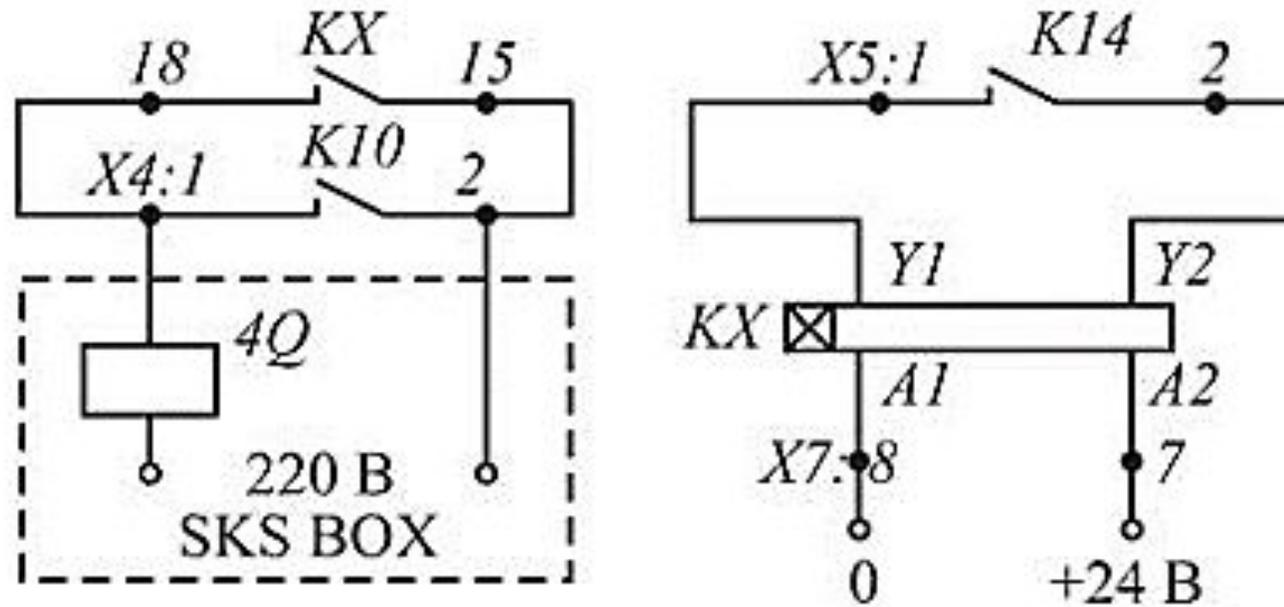
том случае, если за время, определяемое параметром 7U, давление предварительной смазки не достигает заданного значения,

появляется сигнал о неудавшемся пуске;

это время контроля отсутствует в двух случаях:

- когда насос работает постоянно
- «Blackout»

Схема включения насоса предварительной смазки



Реле K10, расположенное на плате PАР 402, подключает контактор 4Q насоса;
реле K14 подключает реле времени KX.

Реле KX служит для осуществления
импульсного режима работы насоса предварительной смазки.

Остановка дизеля

осуществляется нажатием на кнопку «Stop» (слайд 17) или кнопку «Diesel stop» на пульте управления в ЦПУ; кнопки действуют в ручном и в автоматическом режимах работы; информация о нажатии той или иной кнопки поступает на ШД МП, который дает команду на включение реле К18 РАР 402; При срабатывании реле К18 получает питание контактор 3Q (слайд 37), который служит для подачи питания к электромагниту остановки.

В автоматическом режиме работы остановка дизеля происходит по команде от блока LSG 821; после принятия команды об остановке дизеля в течение 20 с происходит разгрузка дизеля; затем происходит отключение автомата генератора, а дизель некоторое время работает в режиме холостого хода; время работы в режиме холостого хода задает параметр 1Р, при этом $0 \leq t \leq 252$ с.

Прерывание работы дизеля в режиме холостого хода

при подаче от микро-ЭВМ команды «Пуск» в первую очередь выбирается дизель, работающий в режиме холостого хода;
если во время работы в режиме холостого хода одного или нескольких дизелей происходит обесточивание судна, то по команде «Blackout» один из генераторов подключается к шинам ГРЩ;
остальные генераторы подключаются к шинам после завершения синхронизации.

Прерывание работы дизеля в режиме холостого хода происходит при переключении на ручной режим;

После последующего (повторного) переключения снова в автоматический режим генератор автоматически синхронизируется к шинам ГРЩ;
помимо этого, прерывание режима холостого хода дизеля происходит: при нажатии кнопки «Start» или кнопки включения автомата генератора

Остановка дизеля при возникновении аварийных ситуаций

происходит независимо от выбранного режима: ручного или автоматического

Без выдержки времени остановка дизеля происходит при возникновении аварийных

- сигналов о низком давлении смазочного масла;
- сигналов о низком давлении охлаждающей воды;
- сигнала о большом значении частоты вращения двигателя.

С выдержкой времени остановка дизеля происходит при появлении аварийных

- сигналов о высокой температуре смазочного масла и (или) охлаждающей воды;
- сигнала о возникновении неисправности при синхронизации;
 - сигнала об отключении автомата генератора;
 - сигналов о внешнем коротком замыкании или CO₂;
 - сигналов об остановке, поступивших с блока LSG 821

Остановка дизеля без выдержки времени

При снижении давления смазочного масла и охлаждающей воды система защиты позволяет устанавливать небольшую выдержку времени

Сигналы о давлении смазочного масла и давлении охлаждающей воды
связаны
с параметрами **8H**, **0L**, **9P**;

8H определяет время отключения аварийных сигналов от внешней аварийной сигнализации после пуска дизеля, $0 \leq t \leq 60$ с.

0L определяет уставку времени остановки дизеля при уменьшении давления смазочного масла, $0 \leq t \leq 10$ с.

9P определяет уставку времени остановки дизеля при уменьшении давления охлаждающей воды, причем $0 \leq t \leq 10$ с.

Параметр **5E** – остановка дизеля при большом значении частоты вращения.
имеет только два значения: 0 и 1. Остановка происходит при $Z = 1$.

Остановка дизеля с выдержкой времени

Параметры **4P** и **5P** определяют время задержки ($0 \leq t \leq 252$ с) остановки дизеля при появлении аварийного сигнала, когда температура смазочного масла и (или) охлаждающей воды превышает заданное значение;

при $t = 0$ появления аварийного сигнала и остановки дизеля не происходит.

В случае измерения температуры терморезистором при помощи параметров **1L** и **2L** можно задать значение температуры срабатывания: ≤ 99 °С.

При измерении температуры контактным датчиком при помощи **1L** и **2L** задают значение $Z = 0$.

Цепь с параметром **5P**, связанным с температурой смазочного масла, используют для защиты дизеля от механической перегрузки на 108 %.

В процессе синхронизации параметр **2P** задает контролируемое время синхронизации: $0 \leq t \leq 90$ с; если заданное время синхронизации истекло, но процесс не состоялся, то появляется аварийный сигнал, который приводит к остановке дизеля; выдержку времени остановки дизеля задает параметр **3P** ($0 \leq t \leq 252$ с);

При неудавшейся синхронизации происходит появление аварийной сигнализации «Synchron failure»

Аварийный сигнал об отключении автомата генератора связан с параметром **1P**, задающим время выдержки при остановке дизеля ($0 \leq t \leq 252$ с); аварийный сигнал возникает при отключении автомата генератора без команды о выключении; аварийный сигнал и команда на передачу пуска появляются через 1 с; возникают они и ручном, и автоматическом режимах работы.

Аварийную остановку можно также осуществить с помощью кнопки «Emergency stop», нажатие которой вызывает включение реле остановки дизеля **K18** и реле выключения автомата **K12**; сигнал об аварийной остановке сохраняется в памяти на 1 минуту, затем его можно квитировать. Аварийные сигналы о внешнем КЗ или CO₂ связаны с параметрами **8P** и **7P**; параметр **8P** определяет вид аварийного сигнала, при котором происходит остановка дизеля; при $Z = 0$ поступает сигнал о внешнем коротком замыкании, а при $Z = 1$ – сигнал о CO₂.

Параметр **7P** определяет выдержку времени ($0 \leq t \leq 10$ с).

Аварийные сигналы с блока LSG 821 связаны с параметрами **3F**, **6F**, **7F** и **8F**.

Параметр **3F** определяет возможность остановки дизеля при появлении аварийных сигналов об изменениях параметров судовой электростанции: $f_{г} \geq \pm 10$ %; $U_{с} \geq \pm 10$ %; $U_{г} \geq \pm 15$ %; остановка происходит при $Z = 1$.

Параметр **6F** определяет выдержку времени остановки при отклонениях значений частоты генератора

$$f_{г} \geq \pm 10 \text{ %}; 0 \leq t \leq 99 \text{ с.}$$

Параметр **7F** определяет выдержку времени остановки при отклонении значения напряжения сети $U_{с} \geq \pm 10$ %; $0 \leq t \leq 99$ с.

Параметр **8F** определяет выдержку времени остановки при отклонении значения напряжения генератора: $U_{г} \geq \pm 15$ %. $0 \leq t \leq 99$ с.

Измерение частоты и синхронизация генераторов

Расчет значения частоты сети происходит на основании нескольких мгновенных значений,

измеренных за определенный промежуток времени (время цикла программы);
измерение частоты возможно при значении напряжения более 50 % от номинального;
при нарушении измерения частоты появляются аварийные сигналы с кодами U03U,
U01U.

Синхронизацию генераторов можно осуществлять в ручном и в автоматическом режиме.
В ручном режиме для синхронизации нажимают кнопку S12 – «Gen. Switch On» (слайд 17).

Проведение синхронизации допускается при соблюдении следующих условий:

- генераторный автомат отключен;
- частота вращения дизеля больше частоты вращения, при которой происходит вспышка;
- напряжение генератора находится в пределах $85 \leq U_{г} \leq 115$ %;
- частота генератора находится в пределах $90 \leq f_{г} \leq 110$ %.

Максимальное время синхронизации задает параметр 2P ($0 \leq t \leq 99$ с).

При синхронизации согласовывается частота подключаемого генератора с частотой сети f_c ; значение частоты подключаемого генератора становится равным сумме $f_c + 0,15$ (Гц);

подключение генератора к шинам происходит при совпадении по фазе (± 15 эл. градусов)

Регулирование частоты и распределение

МОЩНОСТИ

Блоки DSG 822 обеспечивают:

- ✓ постоянство частоты судовой электростанции;
- ✓ пропорциональность распределения активной мощности между генераторами.

Для управления при отклонении значения частоты и изменении разности между заданным и текущим значениями мощности генератора;

используется метод мнимостатических характеристик,

$\Delta f + (P_1 - \alpha_1 \sum_{i=1}^n P_i) = 0;$ улирования для генераторов описывают выражения:
где

P_1, P_2, \dots, P_n – текущие значения активной мощности каждого генератора;

$$\Delta f + (P_2 - \alpha_2 \sum_{i=1}^n P_i) = 0;$$

.....

$\sum P_i$ – суммарная активная мощность всех работающих генераторов;

$$\Delta f + (P_n - \alpha_n \sum_{i=1}^n P_i) = 0,$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$ – коэффициенты долевого участия каждого генератора в распределении суммарной активной мощности.

Если ввести относительные значения мощности P_i ,

то для расчета величины α_i получается выражение:

$$\alpha_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \text{ следовательно } \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

Процесс регулирования заканчивается $\Delta f=0$ и $P_i = \alpha_i \sum_{i=1}^n P_i$, т. е. этот способ при

регулирования обеспечивает постоянство значения частоты и пропорциональность распределения активной мощности между генераторами.

При помощи параметра Z

задают номинальное значение частоты $f_n = (Z - 45) \times 5$ (Гц).

Параметр Z можно изменять в диапазоне от 1 до 99;
при $Z = 25$ значение $f_n = 50$ Гц.

С помощью параметра **0b** можно осуществлять два режима работы микро-ЭВМ:

1. обеспечение постоянства частоты,
2. изменение частоты в функции нагрузки.

0b имеет два значения: 0 и 1, поддержание постоянства частоты обеспечивается при **Z=0**.

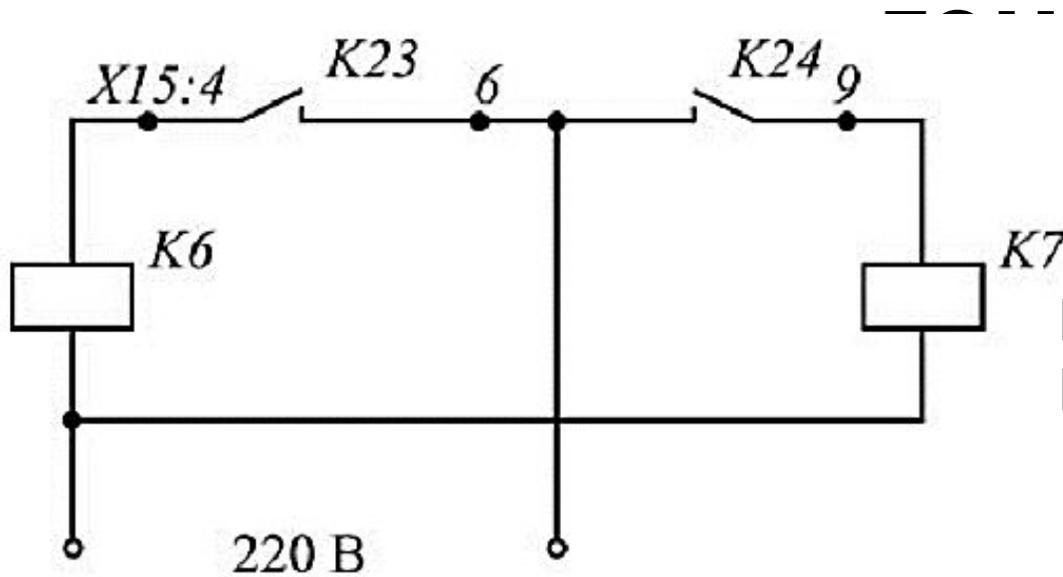
При помощи параметра **1b** задают максимальный диапазон регулирования частоты:
 $0,5 \leq \delta \leq 2,5$ Гц.

Параметр **2b** определяет желаемый диапазон изменения частоты: $0,05 \leq T \leq 0,5$ Гц;
регулирование частоты сопровождается
изменением активной мощности каждого генератора.

С помощью параметра **3b** задают порог изменения мощности генераторов при регулировании; заданный порог выражен в процентах от номинального значения мощности: **$0,1 \leq P \leq 9,9$ %.**

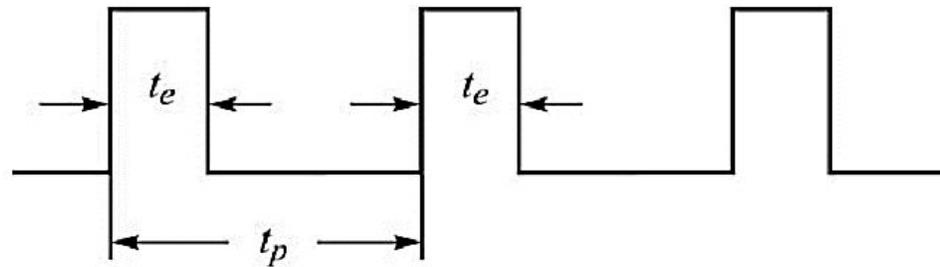
Параметр **4b** задает возможный диапазон изменения мощности при регулировании:
 $10 \leq P \leq 30$ %.

Схема изменения частоты



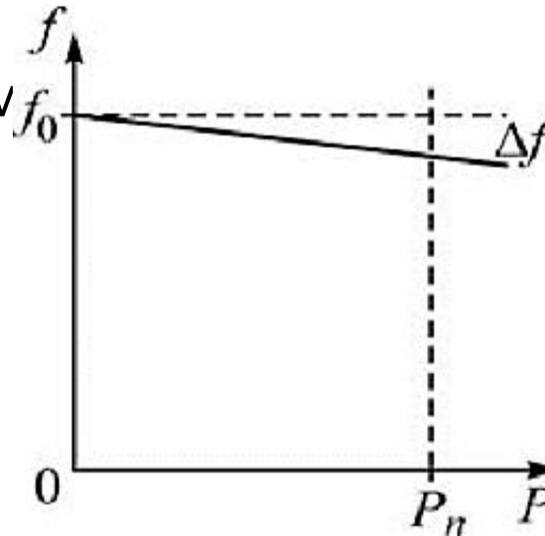
ератора

Реле K23, K24, расположенные на РАР 402 подают питание к контакторам K6, K7. Которые установлены на генераторной панели. Импульсные сигналы, управляющие реле K23 и K24.



Параметр **4С** задает период следования импульсов t_p для реле K23, K24: $1,5 \leq t_p \leq 9,9$ с; длительность импульсов t_e зависит от отклонений значений частоты и мощности.

Отклонение частоты связано со статизмом статической характеристики $f(P)$



Статизм **S** равен отношению разности значений частот к разности значений нагрузки $S = \frac{\Delta f}{\Delta p} = \frac{f_0 - f_H}{P_H}$

При изменении статизма характеристики изменяется отклонение значения частоты;

$$S = \frac{200}{Z}$$

Значение параметра **Z** можно менять

параметр **6C** задает статизм системы

в диапазоне от $1 \leq S \leq 99$,

соответственно: Таким образом, отклонение значения частоты Δf определяют путем выбора статизма **S**; полученное значение Δf при помощи параметра **0C** позволяет найти отклонение мощности, $0,1\Delta f \leq \Delta P \leq 9,9\Delta f$.

Длительность импульса **te** в функции отклонения мощности определяет параметр **1C**,

$0,1\Delta f \leq te \leq 9,9\Delta f$. Для каждого дизеля выбирают конкретное значение **te**.

Параметр **2C** задает длительность импульса **te** при синхронизации :

$$0,4\Delta f \leq te \leq 39,6\Delta f.$$

Минимальную длительность этого импульса задает параметр **3C** в пределах: $0,1 \leq t \leq 0,9$ с.

Изменение частоты и распределение нагрузки осуществляется кнопками **S11** («Speed higher») и **S16** («Speed lower»).

Защита генератора

- ✓ при помощи восьми защитных модулей, расположенных в микро-ЭВМ
 - ✓ сигналами, поступающими от блока LSG 821
- Подключение восьми модулей определяет параметр **1h**, при **1h=FF** для защиты генератора используются все восемь модулей

Первый модуль :

- подает аварийный сигнал при перегрузке генератора по току без отключения автомата;
 - защищает генератор от короткого замыкания с отключением автомата;
 - защищает генератор от обратной мощности с отключением автомата;
- защищает генератор от понижения напряжения с отключением автомата;
 - защищает генератор от повреждения обмотки статора (контролируемое повреждение сопровождается протеканием тока в обмотке статора при отключенном автомате).

Второй модуль

защищает генератор от перегрузки по току с отключением автомата.

Третий модуль

служит для отключения неответственных потребителей при понижении частоты.

Четвертый модуль

служит для отключения неответственных потребителей при перегрузке по току.

Пятый модуль

защищает генератор от повышения напряжения с отключением автомата.

Шестой модуль

служит для подачи сигнала при возникновении несимметричного режима работы.

Седьмой модуль

отключает автомат при возникновении несимметричного режима работы.

Восьмой модуль

отключает автомат при понижении частоты.

Защита генератора от перегрузки по току

связана с параметрами 4h, 5h и 6h

4h, 5h характеризуют подачу аварийного сигнала при перегрузке по току.

При помощи 4h задают время выдержки в секундах: $5 \leq t \leq 49$

5h определяет уставку по току, при которой происходит подача аварийного сигнала:

$$0,5 I_n \leq I \leq 1,98 I_n, \text{ заданное значение } I = 1,06 I_n.$$

С помощью 6h задают время-токовую характеристику при перегрузке по току; характеристика строится по аналитической зависимости генератора

$$t = \frac{Z^2}{100 (I/I_n - 1)^2}$$

Для заданного значения Z можно получить время-токовую характеристику $t(I)$, где I – ток генератора.

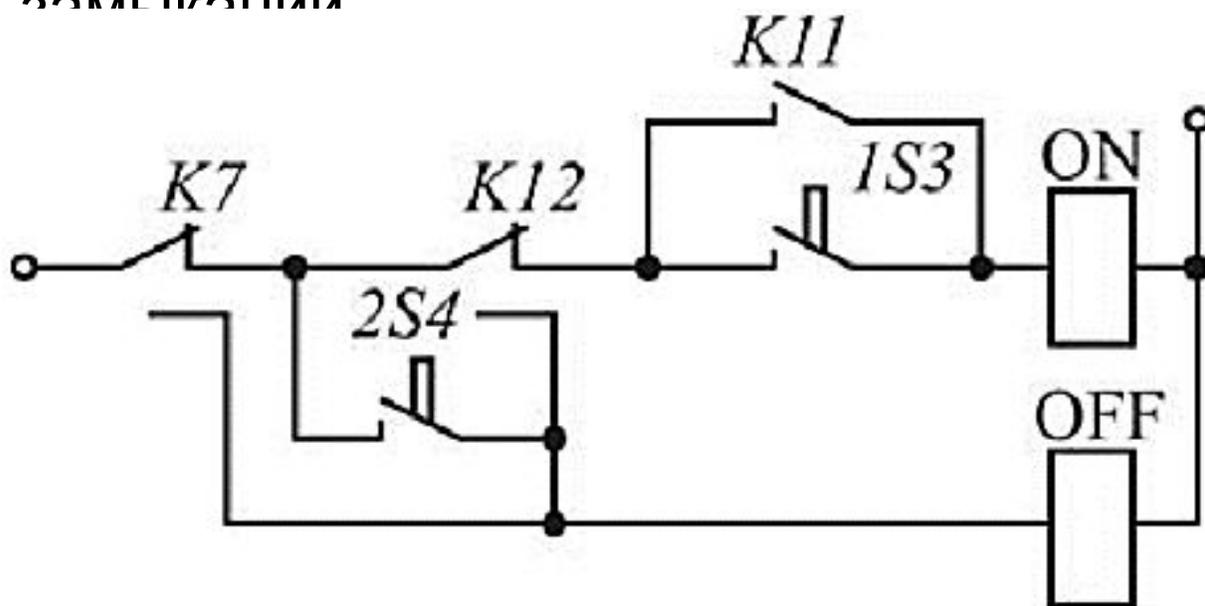
Защита генератора от короткого замыкания

задают параметры $2h$ и $3h$

При помощи $2h$ задают время выдержки в миллисекундах: $150 \leq t \leq 650$.

$3h$ определяет ток срабатывания защиты $0,5 I_n \leq I \leq 6,0 I_n$, заданное значение тока: $I = 2,4 I_n$

· Схема передачи сигнала о коротком замыкании



При получении сигнала о КЗ
МП дает команду на включение реле **K12** и **K7**,

установленные на РАР 402.
K12 подает питание в катушку
отключающего электромагнита
и разрывает цепь
включающего электромагнита;

K11 – реле подключения автомата, расположенное на РАР 402;

1S3 – контакт автомата;

2S4 – кнопка отключения автомата (на генераторной панели).

После срабатывания **K7** подключает обмотку отключающего электромагнита и разрывает цепь обмотки включающего электромагнита автомата; после отключения автомата, реле **K7**, предотвращая включение автомата, остается под питанием – в отличие от реле **K12**.

Для снятия этой блокировки необходимо нажать кнопку **S18** – «Release» (слайд 17), после чего допустимо производить подключение генератора к ГРЩ

Повторное срабатывание защиты генератора от короткого замыкания приводит к блокированию синхронизации других генераторов.

Снятие этой блокировки происходит в том случае, если после подключения работавшего генератора не срабатывает его защита от короткого замыкания

Отключение неответственных потребителей

происходит:

- при перегрузке по току;
- при понижении частоты;
- возникновении определенных аварийных сигналов

(о низком давлении смазочного масла; о низком давлении охлаждающей воды; о большом значении частоты вращения дизеля; о механической перегрузке (108 %); от блока LSG 821 о недопустимых изменениях значений напряжения и частоты).

осуществляют с помощью параметра **9F**, имеющего два значения: 0 и 1;
отключение неответственных потребителей происходит при **Z=1**.

При перегрузке по току срабатывание системы связано с параметрами **6d** и **7d**.

6d задает время выдержки отключения, в секундах: $0,5 \leq t \leq 20$.

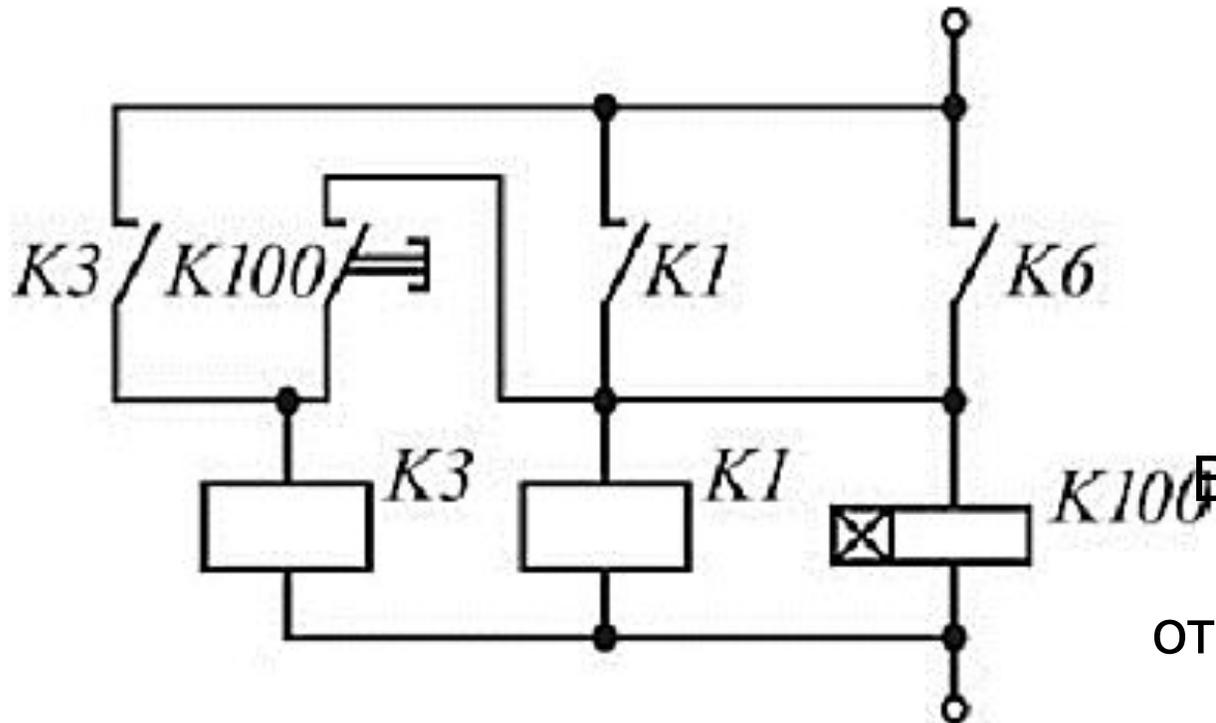
7d определяет значение тока, при котором происходит отключение : $0,5 I_n \leq I \leq 1,98 I_n$,
заданное значение тока: $I = I_n$.

При понижении частоты система реагирует на значения параметров **8d** и **9d**;

8d задает время выдержки отключения, в секундах: $0,5 \leq t \leq 20$.

9d определяет соответствующее значение частоты: $0,8 f_n \leq f \leq 0,95 f_n$

Схема отключения неответственных потребителей



Реле **K6** (на РАР 402) подключает реле **K100** (реле времени) и реле **K1**. **K1**, отключает часть неответственных потребителей, отключение которых предусмотрено без выдержки времени.

В это время **K100** с выдержкой времени подает питание к **K3**, отключая неответственных потребителей с необходимой выдержкой времени; **K100**, **K1** и **K3** расположены на **ГРЩ**

Отключение неответственных потребителей происходит при включенном автомате генератора.

Защита генератора от обратной мощности

задают параметры $7h$ и $8h$

$7h$ задает время выдержки, в секундах: $1 \leq t \leq 10$;

$8h$ определяет значение обратной мощности, при котором происходит срабатывание защиты: $0,01 P_n \leq P \leq 0,10 P_n$.

Защита генератора от недопустимых изменений напряжения и частоты

связана с параметрами $9h$ и $1d$;

$9h$ задает время выдержки в секундах: $0,5 \leq t \leq 2$;

$1d$ определяет значение минимального напряжения, при котором происходит срабатывание защиты – $0,35 U_n \leq U \leq 0,99 U_n$.

Защита от повышения напряжения

характеризуется параметрами $2d$ и $3d$

$2d$ задает время выдержки, в секундах: $1 \leq t \leq 5$;

$3d$ характеризует значение максимального напряжения, при котором происходит срабатывание защиты: $1,1 U_n \leq U \leq 1,5 U_n$

Защита от понижения частоты

связана с параметрами $1n$ и $2n$.

$1n$ задает время выдержки, в секундах: $0,5 \leq t \leq 2,0$;

$2n$ определяет значения минимальной частоты, при которых происходит срабатывание защиты: $0,7f_n \leq f \leq 0,92f_n$.

Защита генератора от несимметричного режима работы

основана на

определении разности между наибольшим и наименьшим значениями токов в фазах генератора.

Характеризуют эту защиту параметры $4d$ и $5d$;

$4d$ задает время выдержки, в секундах: $2 \leq t \leq 49,5$;

$5d$ характеризует значения разности между наибольшим и наименьшим значениями токов, при которых происходит срабатывание защиты: $0,1 I_n \leq I \leq 0,6 I_n$.

Защита генераторов с помощью сигналов от блока LSG 821

Аварийные сигналы от блока LSG 821, определены параметрами **3F...8F**.

3F определяет возможность отключения генератора и остановки дизеля; принимает одно из двух возможных значений: 0 и 1. Отключение значение равно 1.

6F, 7F и 8F задают время выдержки отключения генератора и остановки дизеля.

4F и 5F задают время выдержки при подаче только аварийных сигналов.

4F определяет время выдержки при изменении напряжения сети на $\pm 5\%$,
в секундах: $0 \leq t \leq 30$.

5F определяет время выдержки при изменении частоты генератора на $\pm 5\%$,
в секундах: $0 \leq t \leq 30$.

Одиночный режим работы

Режим работы, в котором дизель не испытывает влияния других агрегатов ЭЭУ.

можно осуществить, используя параметр **ЗН**;

ЗН может принимать два значения: 0 и 1;

При **Z = 0** происходит блокирование подключения пускового реле – после неудавшегося пуска или повреждении дизеля;

одновременно с этим в телеграфной связи стирается команда «Автоматика готова к пуску», что приводит к невозможности запуска дизеля через телеграфную связь – по команде от микро-ЭВМ, а также при «Blackout».

Осуществление остановки дизеля возможно по команде от микро-ЭВМ LSG 821, но только в автоматическом режиме.

В ручном режиме работы происходит блокирование команды блока LSG 821 об остановке дизеля.

Телеграфная связь между блоками управления

реализуется приемо-передатчиками – микросхемы **D27, D28 и D29**,
находятся на микропроцессорной плате (слайд 14)

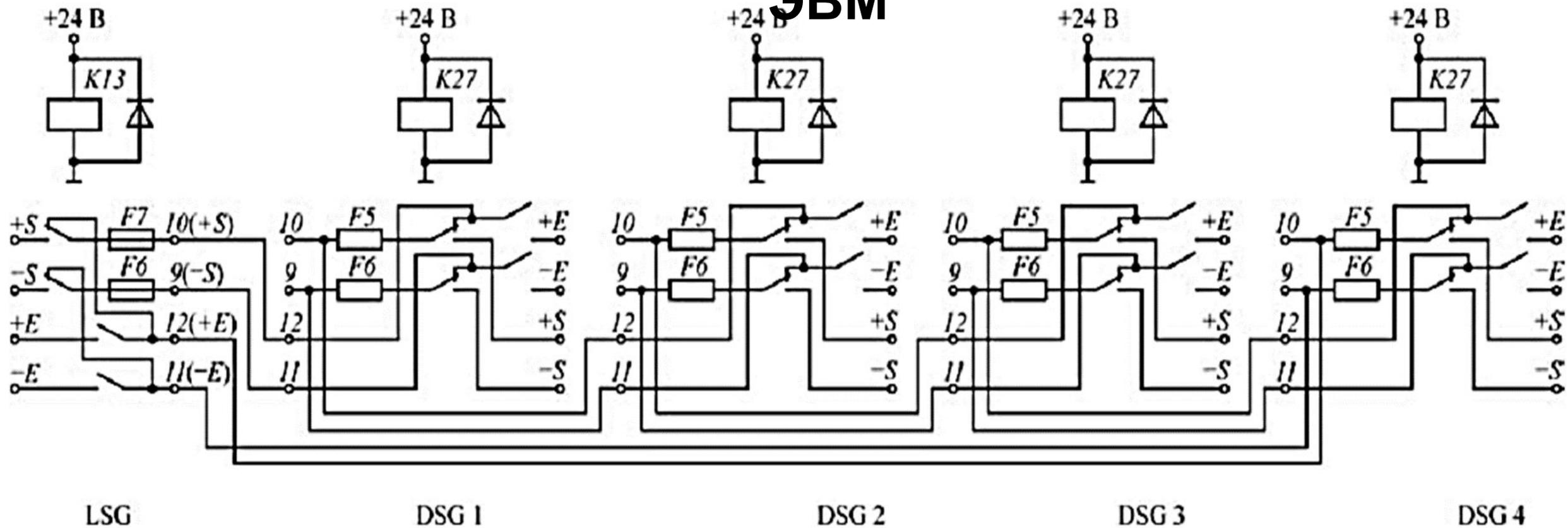
на **D27** (Empfänger – Приемник, нем.) поступают сигналы «**+E**» и «**-E**»;

с выхода **D28** (Sender – Передатчик, нем.) снимаются сигналы «**+S**» и «**-S**»;

через контакты соединительной шины, **D27 (+E, -E)** и **D28 (+S, -S)** соединены с **EA 402**;
посредством **X22** сигналы поступают на **NEG**, дальше по **X21** на **PAP 402** (слайд 10)

В системе предусмотрена аварийная телеграфная связь
между микро-ЭВМ **DSG 822.1...DSG 822.4**.

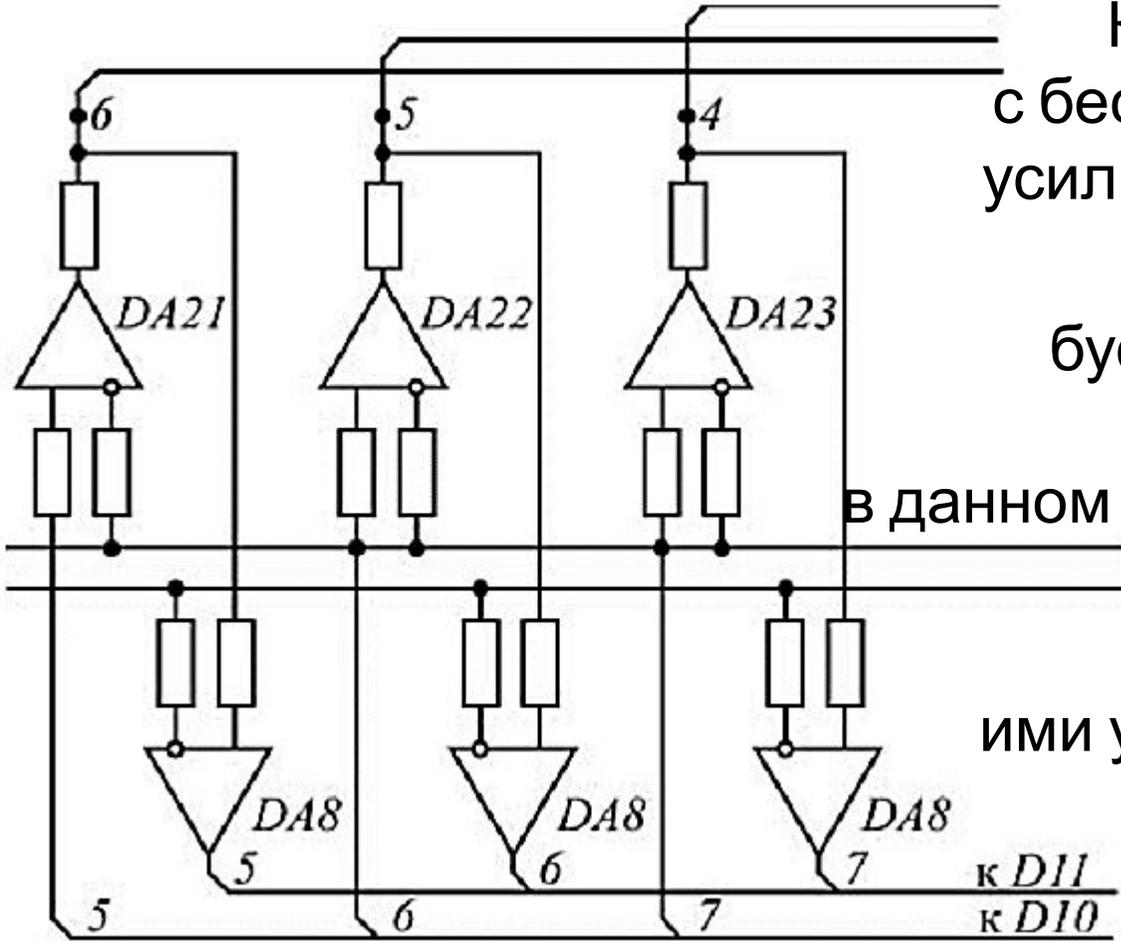
Схема телеграфной связи между микро-ЭВМ



При включенном состоянии реле **K27** и реле **K13** выходные сигналы каждой из микро-ЭВМ поступают на вход последующей, т. е. закольцованы; при обесточивании **K27** происходит отключение приемо-передатчика («+E», «-E», «+S», «-S»), прерывая связь данной микро-ЭВМ с остальными; связь между собой всех остальных микро-ЭВМ остается неизменной.

Аварийная телеграфная связь

выполнена посредством кабеля, подключенного к клеммам X12: 4,5,6 РАР 402 (слайд



10);
К этим же клеммам поступают сигналы с бесконтактных ключей (БК) на операционных усилителях **D21-D23**, расположенных на **ЕА 402**;

бесконтактными ключами управляют буферные регистры **D10**, на входы которых поступают сигналы **D0-D7 с ШД**;

в данном случае БК выступают в качестве передатчиков

в качестве приемников служат БК на операционных усилителях **DA8**,

ими управляют регистры **D11**, на входы которых также поступают сигналы **D0-D7 с ШД**.

Регистрами **D10, D11** управляют соответственно

сигналы **-S3, -S7** поступающие с дешифратора **D1**

Функциональное описание работы LSG 821

служит для осуществления контроля за нагрузкой судовой электростанции;
обеспечивает включение шести наиболее мощных установок с контакторными станциями

Индикация рабочих величин, аварийных сигналов и параметров заданных величин:

- индикация восьми рабочих величин, определяемых параметрами **bA**;
индикация резервной мощности – «**Power reserve**»;
при аварийного сигнала индикация рабочей величины исчезает.

аварийный сигнал можно подавить на время $0 \leq t \leq 127,5$ мин. при помощи параметра **SU**;

- аварийные сигналы (АС) появляются в случае неисправности: **ZK 408, EA 401, PAP 402.**

Все АС закодированы и возникают на дисплее в виде мигающей индикации, указывающей тот или иной код;

после квитирования АС мигание прекращается, но сохраняется постоянное свечение;

- физические величины, значения которых можно изменять в заданных пределах,

При нажатии **S6 («Setting value»)** (слайд 31) появится параметр, установленный последним. Если установок ещё не было, отразится первый параметр – **SU**;

Высвечиваемая индикация имеет вид **XXYY**, где

XX – код заданной величины,

YY – значение параметра;

при каждом нажатии на **S6 («Setting value»)** происходит зацикленная смена параметров;

удерживая «Setting value» в нажатом положении,

можно изменять параметры с помощью кнопок **S9, S10.**;

S9 («+») позволяет изменять параметры в прямом направлении,

S10 («-») – в обратном;

установку параметра можно прекратить путем нажатия на кнопку **S1 («Lamp test»)** (слайд 31).

Изменение значений параметров выполняется в ОЗУ (RAM);

это приводит к возникновению различий между содержанием ОЗУ и ПЗУ (EPROM),

что вызывает появление мигающей индикации,

демонстрирующей изменение параметра,

новое значение должно быть квитировано, что зафиксирует его в ПЗУ;

в результате изменится контрольная сумма

и будет необходимо контролировать суммарные индикаторные контрольные суммы

Пуск резервного дизеля и подключение генератора

критерий пуска – значение активной или полной мощностей;
для каждого вида резервной мощности предусмотрены две ступени,
отличающиеся заданными уровнями и временем задержки при пуске;

□ для первой ступени полной мощности время задержки,
определяемое параметром **0U ($t_1 = Z \times 0,5$, с),**

можно изменять в пределах **от 0 до 45,5 с**. Заданное время **$t_1 = 10$ с.**

□ для второй ступени полной мощности время задержки,
определяемое параметром **1U ($t_2 = Z \times 0,5$, с),**

также можно изменять в пределах **от 0 до 45,5 с**. Заданное время **$t_2 = 5$ с.**

для ступеней активной мощности предусмотрены такие же диапазоны изменения
времени задержки пуска, т. е. **от 0 до 45,5 с.**

для первой ступени активной мощности (параметр задержки времени **U**)
заданное значение времени **$t_1 = 10$ с.**

для второй ступени активной мощности (параметр задержки времени **3U**)
заданное значение **$t_2 = 5$ с.**

При пуске резервного дизеля и подключении соответствующего генератора используют одно из двух значений резервной мощности:

абсолютное или **относительное**

абсолютное значение резервной мощности ΔP_a

равно разности между суммой номинальных значений мощностей работающих генераторов и суммой их действительных текущих значений:

$$\Delta P_a = \sum P_{ni} - \sum P_i$$

где ΔP_a – текущее значение абсолютной резервной мощности;

$\sum P_{ni}$ – сумма номинальных значений мощностей работающих генераторов;

$\sum P_i$ – сумма текущих действительных значений мощностей этих же генераторов

происходит сравнение ΔP_a с заданным минимальным значением

резервной мощности $P_{\min e}$;

пуск резервного дизеля при выполнении условия:

$$\Delta P_a \leq P_{\min e}$$

относительное значение резервной мощности ΔP_r
равно отношению **абсолютной** резервной мощности ΔP_a
к сумме номинальных значений мощности работающих генераторов:

$$\Delta P_r = \frac{\Delta P_a}{\sum P_{ni}} = 1 - \frac{\sum P_i}{\sum P_{ni}},$$

происходит сравнение текущего значения ΔP_r с минимальным значением P_{mine} ;
пуск резервного дизеля происходит при соблюдении условия: $\Delta P_r \leq P_{mine}$;
при пуске дизеля справедливо следующее утверждение: $\Delta P_a = P_{mine} \sum P_{ni}$;
таким образом, в случае выбора относительной резервной мощности
значение абсолютной резервной мощности, при котором происходит пуск дизеля,
зависит от суммы номинальных значений мощностей работающих генераторов;
заданное минимальное значение относительной резервной мощности P_{mine}
определяет часть суммы номинальных мощностей работающих генераторов,
при которой происходит пуск дизеля;
мощность каждого генератора выражена в относительных единицах;
в качестве базового значения выбирают мощность наиболее мощного генератора
или электропривода.

Значение минимальной резервной мощности для абсолютной резервной мощности выражено в относительных единицах:

$$Z = \frac{P_{\min e}}{P_{ni}} Z_1$$

где P_{ni} – базовая мощность,

Z_1 – параметр базовой мощности;

Z – параметр минимальной резервной мощности.

Таким образом, минимальная резервная мощность для абсолютной резервной мощности представляет собой часть мощности базовой установки (одного генератора или мощного электропривода).

Значения $P_{\min e}$ для каждой ступени задают параметры **2P, 4P, 5P и 7P**; эти значения могут находиться в диапазоне **от Z=0 до Z=99**.

Перед пуском дизеля присутствует свечение светодиодов «Power reserve too small» и «No power reserve».

После удачного пуска возникает индикация «Start effected».

Эта индикация продолжается в течение 5 мин. Устранить ее можно квитированием.

Текущее значение мощностей можно выразить через их номинальные значения, используя коэффициент нагрузки λ_i :

$$P_i = \lambda_i \times P_{ni}$$

При параллельной работе генераторов распределение активных мощностей происходит пропорционально их номинальным значениям, поэтому значения коэффициентов нагрузки генераторов равны:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_i = \dots = \lambda_n = \lambda \leq 1;$$

при постоянстве коэффициента мощности $\cos\varphi$ эти же значения сохраняются и для полной мощности.

ЭЭУ состоит из четырех генераторов различной мощности

определим коэффициент нагрузки при пуске дизеля $P_{\min e} = \sum P_{ni} - \lambda_{Se} \times \sum P_{ni}$

откуда $\lambda_{Se} = 1 - \frac{P_{\min e}}{\sum P_{ni}}$, где λ_{Se} – значение коэффициента
получим: нагрузки, при котором происходит пуск

конкретное значение λ_{Se} зависит от числа и номера работающих генераторов.

выражение для коэффициента нагрузки при выборе относительной резервной

$$\Delta P_r = \frac{\sum P_{ni} - \lambda \sum P_{ni}}{\sum P_{ni}} = 1 - \lambda.$$

При пуске дизеля $P_{\min e} = 1 - \lambda_{Se}$, $\lambda_{Se} = 1 - P_{\min e}$.

или:

Таким образом, при выборе относительной резервной мощности значение коэффициента нагрузки оказывается не зависимым ни от количества работающих генераторов, ни от номера.

значения коэффициента нагрузки после подключения резервного при выборе абсолютной резервной информации и сумма действительных текущих значений мощностей всех генераторов с учетом подключенного равна:

$$\sum P_{ie} = \sum P_i + P_e = \sum P_{ni} - \sum P_{\min e} = \lambda_{te} (\sum P_{ni} + P_{ne})$$

где P_e – мощность подключенного генератора;

P_{ne} – номинальная мощность подключенного генератора;

λ_{te} – коэффициент нагрузки после подключения резервного генератора.

$$\lambda_{te} = \frac{\sum P_{ni} - P_{\min e}}{\sum P_{ni} + P_{ne}}$$

При подключении резервного генератора суммарная мощность судовой электростанции остается неизменной, поэтому : $\sum P_{ie} = \lambda_{se} (\sum P_{ni} + P_{ne})$, следовательно:

$$\lambda_{te} = \frac{\sum P_{ni}}{\sum P_{ni} + P_{ne}} \times \lambda_{se}$$

При выборе относительной резервной мощности, для суммарной мощности судовой электростанции при подключении резервного генератора можно записать следующее выражение: $-\Delta P_a = \sum P_{ni} \times (1 - P_{\min e}) = \lambda_{te} (\sum P_{ni} + P_{ne})$

$$\Delta P_a = P_{\min e} \times \sum P_{ni}$$

$$\lambda_{te} = \frac{\sum P_{ni}}{\sum P_{ni} + P_{ne}} \times (1 - P_{\min e})$$

$$\lambda_{te} = \frac{\sum P_{ni}}{\sum P_{ni} + P_{ne}} \times \lambda_{Se}$$

В некоторых специальных случаях резервная мощность может принимать отрицательное значение.

При этом до включения резервного генератора происходит перегрузка работающих.

Отрицательное значение резервной мощности введено для вторых ступеней полной и активной мощностей (параметры **3P** и **6P**).

Значение отрицательной резервной мощности не превышает 10 % от номинальной мощности

Выбор и пуск резервного дизеля

При наличии критерия пуска ($\Delta P \leq P_{\min}$) блок LSG 822 начинает проведение операции по выбору и запуску резервного дизеля.

Для того, чтобы пуск дизеля произошел автоматически, дизель должен быть готов к пуску и находиться в автоматическом режиме.

Выбор резервного дизеля зависит от установки предварительного выбора, который осуществляют при помощи кнопки «Preselection».

Если при проведении предварительного выбора было выбрано несколько дизелей, то для пуска выбирается дизель с низшим номером.

Дизель с низшим номером будет выбран и в том случае, когда предварительный выбор отсутствует.

Если пуск резервного дизеля осуществляют вручную, то происходит прекращение автоматического выбора.

После выбора резервного дизеля блок LSG 822 дает команду на его пуск.

В некоторых случаях запуск дизеля может не произойти.

Например, пуск резервного дизеля не происходит при нажатии на кнопку «No DG Start». Помимо этого, пуск дизеля не происходит автоматически,

если нет такого дизеля, который в настоящий момент готов к пуску

и переведен в автоматический режим.

Отключение генератора и остановка дизеля

В качестве критерия остановки дизеля используют значения активной или полной мощности.

Резервные мощности, как и в случае пуска дизеля, могут иметь значения: абсолютное или относительное.

Значение резервной мощности задают при помощи параметра **8P**; значение резервной мощности при остановке дизеля должно быть больше, чем при его пуске, иначе происходило бы постоянное включение и отключение генератора;

выдержку времени задает параметр **4U**;

время выдержки t можно изменять в пределах от 0 до 30 мин;

заданное время выдержки – 10 мин;

при $t=0$ остановки дизеля не происходит, но появляется индикация «Diesel underload»,

которая продолжает светиться пока не уменьшится резервная мощность;

если резервная мощность уменьшается в течение более длительного времени, чем установленное время задержки,

то происходит повторная установка заданной выдержки на максимальное значение;

при кратковременном уменьшении резервной мощности выдержка времени после прерывания отсчитывается дальше, без прекращения отсчета

Перед остановкой дизеля появляется свечение индикатора «**DG Stoppage**»;
по окончании времени остановки начинает светиться светодиод «**Stop time finished**»;

при остановке дизеля, появляется свечение индикатора «**Stop effected**»,
которое продолжается в течение **5 мин**; этот сигнал можно квитировать.

Абсолютная резервная мощность представляет собой разность между суммой номинальных значений мощностей всех генераторов, работающих после отключения дизеля, и суммой действительных текущих значений их мощности:

$$\Delta P_a = \sum P_{ni} - P_{na} - \sum P_i$$

где $\sum P_{ni}$ – сумма номинальных значений мощностей генераторов, работающих до отключения;

$\sum P_i$ – сумма действительных текущих значений мощностей работавших генераторов;

P_{na} – номинальная мощность отключаемого генератора;

$(\sum P_{ni} - P_{na})$ – сумма номинальных значений мощностей генераторов после отключения одного генератора;

Происходит сравнение значения резервной мощности ΔP_a с заданным минимальным значением P_{mina} .

Остановка дизеля происходит при выполнении условия $P_a \geq P_{min a}$

Относительная резервная мощность представляет собой отношение величины абсолютной резервной мощности ΔP_a к сумме номинальных значений мощности генераторов после отключения резервного генератора:

$$\Delta P_r = \frac{\Delta P_a}{\sum P_{n_i} - P_{n_a}} = 1 - \frac{\sum P_i}{\sum P_{n_i} - P_{n_a}}$$

Остановка дизеля с выдержкой времени происходит при условии $\Delta P_r \geq P_{\min a}$;

$$P_{\min a} = \frac{\Delta P_a}{\sum P_{n_i} - P_{n_a}}; \quad \Delta P_a = P_{\min a} (\sum P_{n_i} - P_{n_a}).$$

т.е. в случае выбора относительной резервной мощности ΔP_r значение абсолютной резервной мощности, при котором происходит остановка дизеля, зависит от суммы минимальных значений мощностей генераторов после отключения резервного генератора;

Поскольку при остановке дизеля

$$\Delta P_a \geq P_{\min a},$$

$$P_{\min a} = \sum P_{ni} - P_{na} - \lambda_{Sa} \sum P_{ni}$$

$$\lambda_{Sa} = 1 - \frac{P_{na} + P_{\min a}}{\sum P_{ni}},$$

где λ_{Sa} – коэффициент нагрузки, при котором происходит остановка дизеля

В отличие от ситуации, возникающей при пуске дизеля, в процессе его остановки значения коэффициента λ_{Sa} (и, следовательно, значения мощности каждого работавшего генератора) зависят и от количества работавших генераторов, и от их номеров

Графический способ определения коэффициента нагрузки

Изменение значений коэффициента нагрузки генератора происходит по линейному закону в функции мощности судовой электростанции; для судовой электростанции, состоящей из n генераторов,

Можно построить n графиков – линейных характеристик.

В общем случае для значения коэффициента нагрузки:

$$\lambda = \frac{\sum P_i}{\sum P_{ni}}$$

Для того, чтобы графически определить значения коэффициента нагрузки при **подключении резервного генератора**, нужно найти на оси абсцисс известные значения $\sum P_{ni}$, равные P_{ni}

$$\sum_{i=1}^2 P_{ni} \quad \sum_{i=1}^3 P_{ni}$$

от этих известных значений по оси абсцисс следует отложить заданное значение абсолютной резервной мощности P_{mine} или $P_{mine} \sum P_{ni}$ при выборе относительной резервной мощности; точки пересечения прямых $(\sum P_{ni} - P_{mine})$ при выборе абсолютной резервной мощности или $\sum P_{ni} (1 - P_{mine})$ при выборе относительной резервной мощности,

Для определения значения коэффициентов нагрузки при **отключении резервного генератора**, λ_{Sa} и λ_{Ta} , следует найти на оси абсцисс известные значения разности $(\sum P_{ni} - P_{na})$, равные P_{ni} ,

$$\sum_{i=1}^2 P_{ni} \quad \sum_{i=1}^3 P_{ni}$$

от этих значений необходимо отложить по оси абсцисс заданное значение абсолютной резервной мощности P_{mina}

или $P_{mina} (\sum P_{ni} - P_{na})$ при выборе относительной резервной мощности;

Точки пересечения прямых $(\sum P_{ni} - P_{na} - P_{mina})$ при выборе абсолютной резервной мощности или $(\sum P_{ni} - P_{na})(1 - P_{mina})$ при выборе относительной резервной мощности,

проведенных параллельно оси ординат,

определяют значения коэффициентов нагрузки λ_{Sa} и λ_{Ta}

На следующих трёх слайдах показаны графические зависимости коэффициента нагрузки при выборе **абсолютной резервной мощности** для судовой электростанции,

состоящей из четырех генераторов одинаковой мощности
Изображенные на графиках стрелки,
направленные слева **направо и сверху вниз**,
соответствуют процессам **подключения** резервных генераторов;

стрелки, направленные **справа налево и снизу вверх**,
соответствуют процессам **отключения** резервных генераторов

Эти графические зависимости построены для значений
 $P_{mine} = 0,2$ и $P_{mina} = 0,4$.

из графиков видно, что разность ($P_{mina} - P_{mine}$)
представляет собой гистерезис характеристик
подключения и отключения резервных генераторов.

Графики зависимости коэффициента нагрузки при выборе абсолютной резервной мощности для варианта четырех генераторов одинаковой



Графики зависимости коэффициента нагрузки при выборе абсолютной резервной мощности для варианта двух пар генераторов



Графики зависимости коэффициента нагрузки при выборе абсолютной резервной мощности

комбинация подключения 2-3-1-4



Графики зависимости коэффициента нагрузки при выборе относительной резервной мощности для варианта четырех генераторов одинаковой мощности



Графики зависимости коэффициента нагрузки при выборе относительной резервной мощности комбинация подключения генераторов 1-2-4-3



Графики зависимости коэффициента нагрузки при выборе относительной резервной мощности комбинация подключения генераторов



Выбор и остановка отключаемого

агрегата

критерий остановки: $\Delta P \geq P_{\min}$;

агрегат должен находиться в автоматическом режиме;

LSG 822 осуществляет выбор;

если агрегатов несколько, выбирается тот, который имеет высший номер;

агрегаты, не состоявшие в последовательности для пуска,

не могут быть включены и в последовательность остановки;

после выбора агрегата LSG 822 подает команду на его остановку.

остановка агрегата **НЕ** происходит если:

- ✓ была нажата кнопка «**No DG Stop**»;
- ✓ нет ни одного агрегата, который находился бы в автоматическом режиме;
- ✓ время выдержки остановки (t), определяемое параметром **4U**, равно нулю;
- ✓ был осуществлен выбор или происходит работа мощного электро-привода (подруливающего устройства).

Во всех этих случаях начинает светиться индикатор «**Diesel underload**»

Маневренная операция

режим, используемый при прохождении судном узкостей
и проведении швартовных операций;

в случае выхода из строя одного из агрегатов, остальные будут работать без
перегрузки

при нажатии на кнопку «**Manoeuvre operation**» LSG 822 имитирует искусственную
нагрузку; величина этой нагрузки равна мощности одного генератора,
то есть к фактической нагрузке LSG 822 прибавляет искусственную;

значение получаемой суммарной нагрузки
может оказаться больше значения мощности работающих генераторов,
что приводит к запуску резервного дизеля;

после подключения резервного генератора реальная мощность каждого генератора
будет иметь значение меньше рассчитанного.

Абсолютная резервная мощность

Величина искусственной нагрузки электростанции составляет

$$\Sigma P_i + P_{rV},$$

где ΣP_i – реальная мощность работающих генераторов,

P_{rV} – искусственно вводимая нагрузка в режиме маневренных операций;
включение резервного генератора произойдет при выполнении условия:

$$\Sigma P_{ni} - P_{\min e} = \Sigma P_i + P_{rV}$$

где ΣP_{ni} – сумма номинальных мощностей работающих генераторов

$$\Sigma P_{ni} - P_{\min e} - P_{rV} = \lambda_S \Sigma P_{ni} \quad \lambda_S = \frac{\Sigma P_{ni} - P_{rV} - P_{\min e}}{\Sigma P_{ni}}$$

$$\text{при } P_{rV} = 1: \quad \lambda_S = 1 - \frac{1 + P_{\min e}}{\Sigma P_{ni}}$$

Для генераторов равной мощности при $P_{\min e} = 0,2$,

$$\lambda_{s1} = -0,2, \lambda_{s2} = 0,4, \lambda_{s3} = 0,6$$

(отрицательное λ_{s1} из-за искусственной перегрузки генератора)

Относительная резервная мощность

С учетом искусственной нагрузки величина относительной резервной мощности:

$$\Delta P_r = \frac{\Delta P_a}{\sum P_{ni}} = \frac{\sum P_{ni} - \sum P_i - P_{rV}}{\sum P_{ni}}$$

при $\Delta P_r = P_{\min}$

$$P_{\min} = \frac{\sum P_{ni} - \lambda_S \sum P_{ni} - P_{rV}}{\sum P_{ni}} \quad \lambda_S = (1 - P_{\min}) - \frac{P_{rV}}{\sum P_{ni}}$$

при $P_{rV} = 1$

$$\lambda_S = 1 - P_{\min} - \frac{1}{\sum P_{ni}}$$

если электростанция состоит из генераторов равной мощности, в зависимости от того, сколько генераторов работает – один, два или три, соответственно численные значения коэффициента нагрузки:

$$\lambda_{S1} = -0,2; \lambda_{S2} = 0,3; \lambda_{S3} = 0,667$$

Контроль включения мощных потребителей

с целью предотвращения их произвольного пуска

Посредством шести каналов микро-ЭВМ обеспечивает контроль за шестью потребителями;

два первых канала для потребителей с переменной нагрузкой; при помощи одного из этих каналов контроль подруливающего устройства;

второй канал для пуска электроприводов машинного отделения по системе «Stand by».

После нажатия на кнопку **S** на посту управления подруливающим устройством (**ПУ**), срабатывает реле **K2**;

при замыкании контакта реле на неинвертирующий вход операционного усилителя **DA1** поступает положительный потенциал, что приводит к появлению на выходе **DA1** логической «1», которая поступает на двунаправленный буферный усилитель **D8**;

таким образом, срабатывание **K2** приводит к поступлению на Микро-ЭВМ сигнала о предстоящем подключении подруливающего устройства. Микро-ЭВМ определяет суммарную мощность нагрузки судовой электростанции с учетом мощности электродвигателя подруливающего устройства (значение этой мощности записано в памяти микро-ЭВМ);

затем LSG 822 определяет значение резервной мощности и, при соблюдении $\Delta P < P_{\min}$, дает команду на запуск резервного дизеля и подключение генератора;

При условии $\Delta P < P_{\min}$ срабатывает реле **K1** РАР 401, которое своим контактом подает питание к реле **K3**, установленное на посту управления подруливающим устройством;

K3 одним из своих контактов шунтирует контакт реле **K1**, а другим – дает разрешение на пуск электродвигателя

После пуска электродвигателя срабатывает **K1**, обесточивая реле **K2** и подает положительный потенциал на неинвертирующий вход ОУ **DA2**, что приводит к подаче на микро-ЭВМ сигнала о включении ПУ; Таким образом происходит прекращение запроса о включении ПУ и поступает информация о пуске электродвигателя.

В течение процесса запроса о включении ПУ мигает светодиод «**Bow thruster**», который после включения перестает мигать и горит постоянно; одновременно с этим с регистра **D3** поступает сигнал на бесконтактный ключ на операционном усилителе **DA4**, который подключает лампу индикации, установленную на посту управления подруливающим устройством; если в течение процесса запроса блок LSG 822 фиксирует значение $\Delta P > P_{\min}$, то дает разрешение на включение ПУ без подключения резервного генератора; после срабатывания реле **K3** на посту управления подруливающим устройством, его состояние не зависит от команд микро-ЭВМ; при этом отключение любого количества работающих генераторов – в силу случайных и неслучайных факторов – не приведет к образованию запрета на включение электродвигателя;

Включение электродвигателя при работе только одного генератора вызывает обесточивание судна;
для устранения этого изменяют принципиальную схему включения электродвигателя, вводя запрет на его включение при условии отключения любого из работающих генераторов.

Мощность, потребляемая электродвигателем ПУ, зависит от разворота лопастей, является случайной величиной и имеет переменный характер.

Для предотвращения отключения резервного генератора при малой нагрузке ($\Delta P > P_{\min}$), LSG 822 подключает канал «**No DG Stop**»;
если значение $\Delta P > P_{\min}$ сохраняется в течение времени, превышающего продолжительность периода выдержки при остановке дизеля,
то появляется индикация:

«**Stop time finished**», «**DG stoppage**» и «**Diesel underload**».

Пуск электроприводов машинного отделения по системе

«Stand by»
происходит после обесточивания судна автоматически

Схема включения системы «Stand by» аналогична схеме включения ПУ.

Реле **K100** подключено к схеме обнаружения обесточивания судна («Blackout») и в нормальном режиме питание на него не поступает;

Клеммы **X1: 2,6** относятся к схеме обнаружения «Blackout» (слайд 97).

При обесточивании судна **K100** получает питание;

одним из своих контактов размыкая цепь питания реле времени **K101**;

K101 замыкая свои контакты, подготавливает цепи запроса и разрешения **X7: 8, 9 LSG 821**;

после подключения генератора по системе «Blackout» **K100** снова обесточивается; при этом одним из своих контактов реле **K100** подает питание к реле времени **K101**;

контакты **K101** размыкают соответствующие цепи

после заданного времени выдержки, составляющего 150 с;

Другим своим контактом **K100** замыкает цепь запроса микро-ЭВМ,

что приводит к подаче сигнала о предстоящем включении

станции управления электроприводом машинного отделения.

В дальнейшем процесс протекает аналогично процессу подключения ПУ