

# Часть 4

## Электронные модули стиральных машин LG

**Внимание!** Копирование и размещение данных материалов на Web-сайтах и других СМИ без письменного разрешения редакции преследуется в административном и уголовном порядке в соответствии с Законом РФ.

### Глава 4.1. Электронные модули стиральных машин с прямым приводом барабана серии «LG F\*\*68 \*D(P)»

#### Общие сведения

В этой главе приводится описание ЭМ, применяющихся в серии F\*\*68\*D(P) СМ LG с прямым приводом барабана. На основе принципиальной электрической схемы СМ «LG F1068LD» подробно рассматриваются два типа ЭМ — модуль ПУ и силовой модуль.

СМ «LG F1068LD» имеет в своем составе два ЭМ — модуль ПУ (код EBR66223201) и силовой модуль (код EBR738103). Двухмодульная конструкция используется практически во всех моделях стиральных машин LG. Для других моделей серии F\*\*68\*D(P) заказные коды на внешне похожие ЭМ могут быть другими, например, EBR61282429 (силовой модуль), EBR612825 (ПУ) и т.д. В других версиях ЭМ на них могут быть установлены или удалены компоненты, отвечающие за функционал конкретной модели СМ. Например, на ПУ может быть дополнительно уста-

новлен цифровой дисплей с соответствующими цепями, а на силовом модуле — присутствовать или отсутствовать элементы и цепи, отвечающие за работу дополнительного клапана залива горячей воды или устройства защиты от протечек. Внешний вид модуля ПУ и силового модуля приведен на рис. 4.1.1 и 4.1.2 соответственно. Схема внешних соединений ЭМ показана на рис. 4.1.3.

#### Состав, назначение и принцип работы ЭМ

Для пользовательского управления СМ и отображения на индикаторах необходимой информации служит модуль ПУ.

На модуле размещены следующие основные узлы и компоненты:

— селектор программ, он выполнен на базе пошагового энкодера;

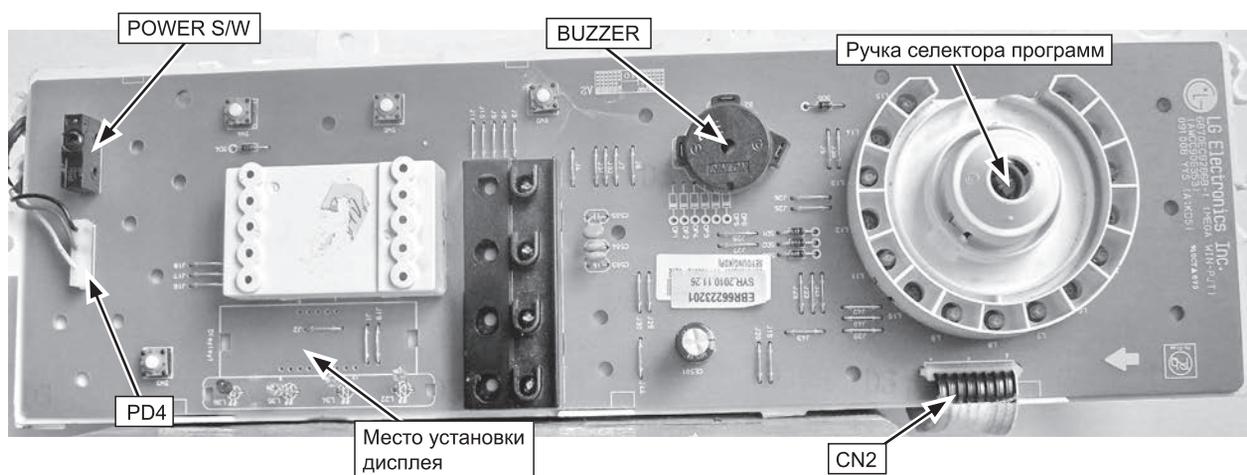
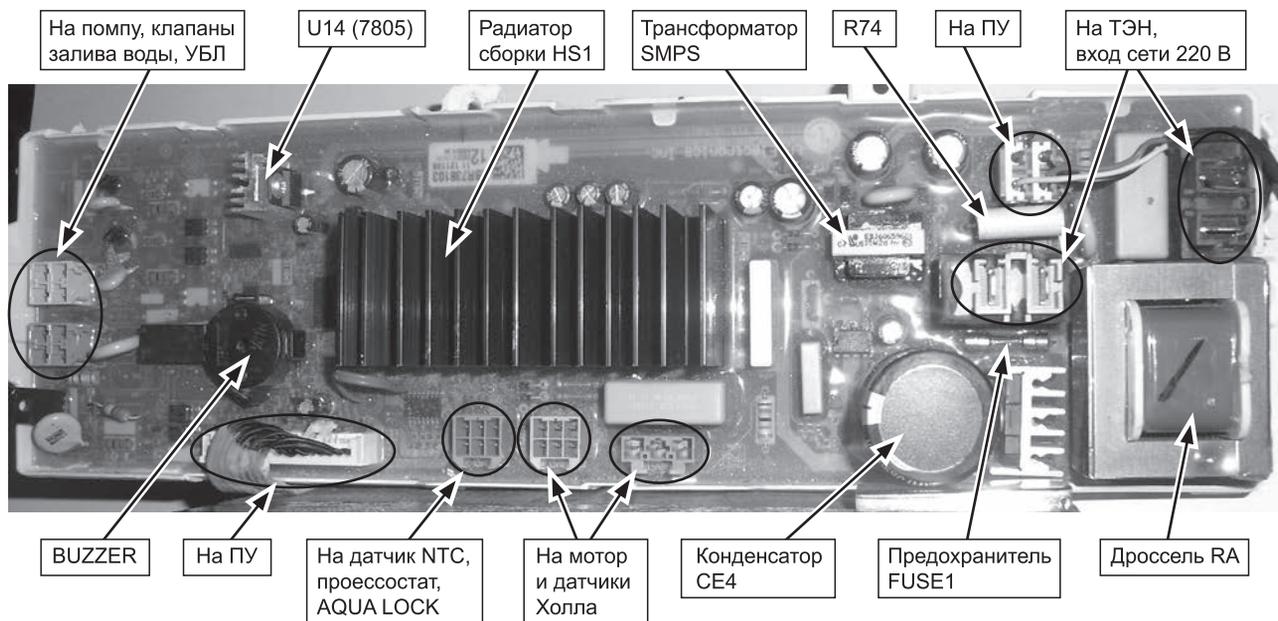


Рис. 4.1.1. Внешний вид ЭМ ПУ (код EBR66223201)



**Рис. 4.1.2. Внешний вид силового модуля (код EBR738103) и подключение к нему внешних элементов**

- многофункциональная микросхема IK2102DW;
- функциональные кнопки (в том числе, кнопочный выключатель питания);
- светодиодные индикаторы (опционально — дисплей).

Всеми компонентами на ПУ управляет специализированная микросхема IK2102DW, которая в свою очередь контролируется по 3-проводной последовательной шине основным МК, расположенным на силовом ЭМ. ИМС IK2102DW может обеспечивать работу комбинированной динамической матрицы (две конфигурации — 4x13 или 7x10), в состав которой могут входить кнопки, светодиодные индикаторы и дисплей. Структурная схема многофункциональной микросхемы IK2102DW приведена на рис. 4.1.4.

Модуль ПУ и силовой ЭМ соединены между собой двумя шлейфами.

Силовой ЭМ является программно управляемым узлом, он обеспечивает функционирование следующих исполнительных компонентов в составе СМ: ПУ, приводного мотора, УБЛ, клапанов залива воды (в зависимости от типа СМ, клапанов может быть 2 или 3), помпы, ТЭН. На основании показаний датчика вращения мотора (датчик Холла), прессостата и датчика температуры, МК в составе ЭМ контролирует скорость вращения приводного мотора, уровня и температуры воды в баке СМ соответственно.

В состав силового ЭМ входят следующие основные узлы и компоненты:

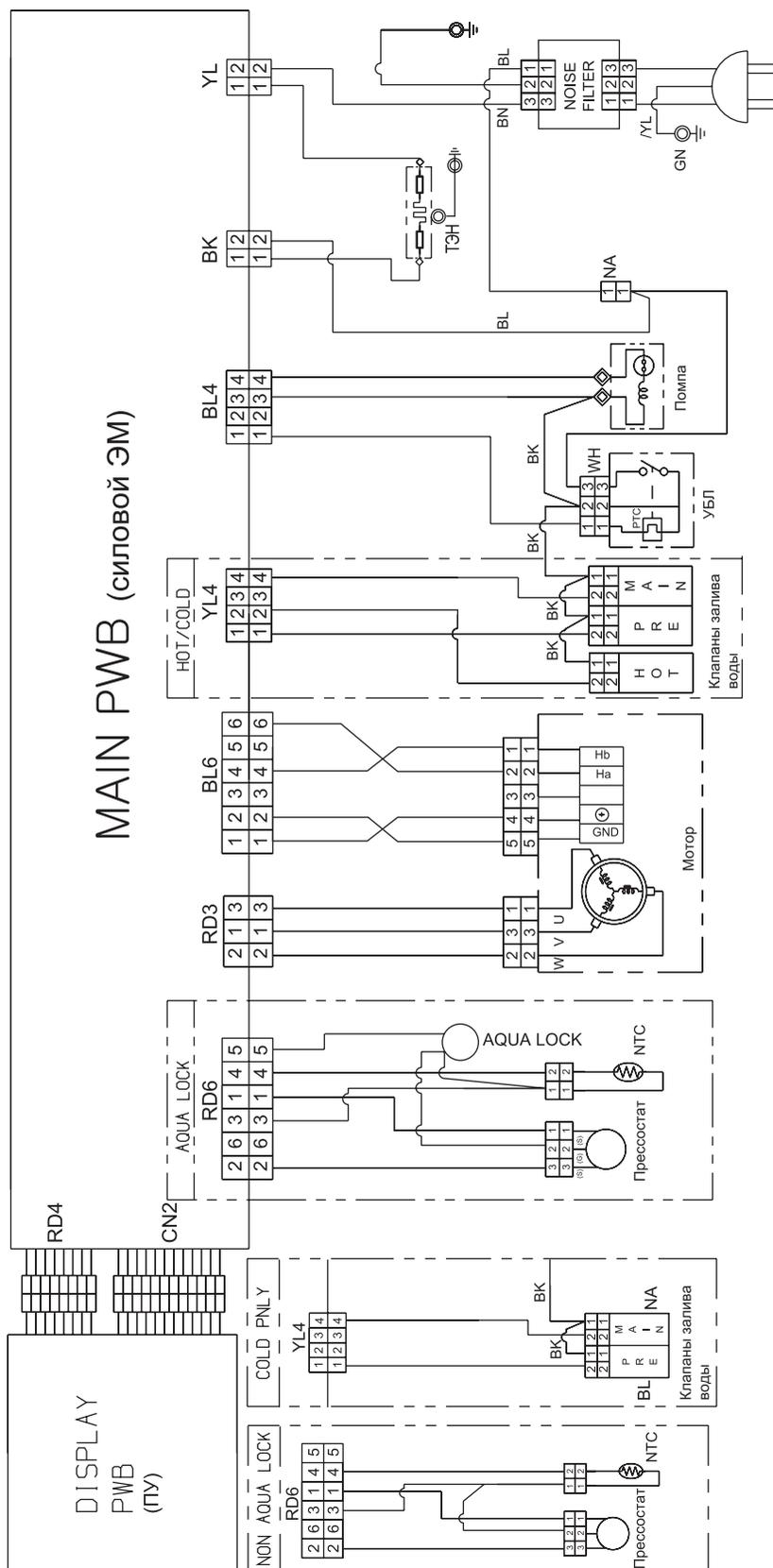
- МК типа TMP88FW45AFG (версия прошивки B958\_121107). Эта микросхема управляет всеми устройствами в составе СМ;
- силовая сборка FNB41060, она служит для управления приводным мотором. В состав сборки входят драйверы, датчик температуры и три каскада на IGBT-транзисторах в полумостовом включении;
- ИП на основе ШИМ контроллера STR-A6059M. Источник формирует напряжения 9 В (один канал) и 12 В (два канала). Также имеется отдельный источник напряжения 5 В на основе интегрального стабилизатора KIA7805, который питается вторичным напряжением 9 В;
- 7-канальная транзисторная сборка KID65004AF, которая используется для усиления по мощности сигналов управления исполнительными устройствами в составе СМ (через оптроны, симисторы и реле);
- ЭСППЗУ типа 93C56WP служит для хранения временных данных;
- интегральный детектор напряжения SJ73L42F (аналог KIA7042 и др.). Эта микросхема формирует сигнал начального сброса RESET на МК при подаче питания, а также, если в силу различных причин (аварийная ситуация) питающее напряжение снизится до уровня 4,2 В;

- реле, симисторы для управления силовыми нагрузками в составе СМ;
- ИМС HC4069 включает в себя шесть инверторов, которые применяются в цепях индуктивно-управляемого генератора прессостата и в качестве буферных элементов датчика Холла;
- 2-канальный компаратор KIA393F, один из элементов которого используется в цепи контроля тока через выходные каскады (в составе силовой сборки FNB41060) управления приводным мотором.

Рассмотрим работу основных узлов и цепей силового ЭМ (описание ЭМ ПУ ввиду его простоты рассматриваться в данной статье не будет, будет приведена только его принципиальная схема).

Принципиальные электрические схемы ЭМ ПУ и силового ЭМ приведены на рис. 4.1.5 и 4.1.6 соответственно.

- Примечания.**
1. На принципиальных электрических схемах ЭМ позиционные обозначения компонентов соответствуют только тем, которые были нанесены на печатной плате. Обозначения остальных компонентов (в том числе, нечитаемые обозначения) даны произвольно.
  2. Так как принципиальные электрические схемы (рис. 4.1.5, 4.1.6) рисовались с реальных плат и, учитывая всю сложность этой работы, возможно, что в них могут присутствовать неточности.
  3. Компоненты, контуры которых на схеме силового ЭМ (рис. 4.1.6) выделены пунктиром, в рассматриваемой версии ЭМ не были установлены, но под них были зарезервированы места на плате и выполнена разводка печатных проводников.



**Рис. 4.1.3. Схема соединений ЭМ на примере СМ «LG F1068LD»**

### ИП и организация системы питания в составе ЭМ

Как уже отмечалось, ИП в составе ЭМ формирует напряжения 9 В (один канал), 12 В (два канала) и 5 В, которые используются для питания элементов и узлов в составе модуля. Источник напряжения 5 В реализован на основе интегрального стабилизатора напряжения U14 типа KIA7805, он питается от канала 9 В. Напряжение 5 В используется для питания потребителей в составе силового ЭМ и модуля ПУ. Основой ИП является импульсный обратноходовый конвертор на базе ШИМ контроллера STR-A6059M производства SANKEN ELECTRIC со встроенным силовым ключом. Ее структурная схема приведена на рис. 4.1.7.

Приведем основные особенности микросхемы:

- встроенный силовой ключ на MOSFET-транзисторе ( $V_D=650$  В,  $R_{DS(ON)}=6$  Ом);
- фиксированная рабочая частота 100 кГц;
- управление выходным ключом с помощью ШИМ;
- встроенная функция Auto Standby (потребляемая мощность снижается до уровня менее 25 мВт при работе без нагрузки);
- применяется в маломощных ИП (до 15 Вт);
- встроенные защиты от перегрева и повышенного напряжения, токовая защита выходного каскада;
- автоматический рестарт при пропадании входного напряжения.

На рис. 4.1.8 приведено расположение выводов микросхемы в корпусе PDIP-7, а в таблице 4.1.1 — назначение ее выводов.

**Примечание.** Чтобы избежать неоднозначности, два канала 12 В на выходе ИП обозначены как 12(1) и 12(2) В.

Рассмотрим особенности принципиальной электрической схемы ИП, показанной на рис. 4.1.6. В состав ИП входят следующие узлы и элементы:

- сетевой двухполупериодный выпрямитель и фильтр (BD1, CE4);

- защитный варистор Z2 и сетевой предохранитель FUSE1;
- микросхема ключевого преобразователя U12;
- импульсный трансформатор SMPS;
- выходные выпрямители и фильтры (D13, CE2 — канал питания микросхемы U12 в рабочем режиме; D11, CE8 — канал питания 9В; D12, CE9 — канал питания 12(2) В; D14, CE6 — канал питания 12(1) В); D13 CE2 — канал питания микросхемы U12 в рабочем режиме;
- элементы цепи обратной связи (D6, ZD1, Q1).

В ИП обеспечивается групповая стабилизация выходных напряжений. Сигнал обратной связи снимается с канала 12(1) В (катод D12) и через цепь D6 ZD1 R2 Q1 поступает на вывод FB микросхемы U12. В цепь истока MOSFET-транзистора в составе микросхемы U12 включен резистор R103 (1,5 Ом), падение напряжения с которого поступает на узел контроля тока через транзистор. Фактически этот узел в составе

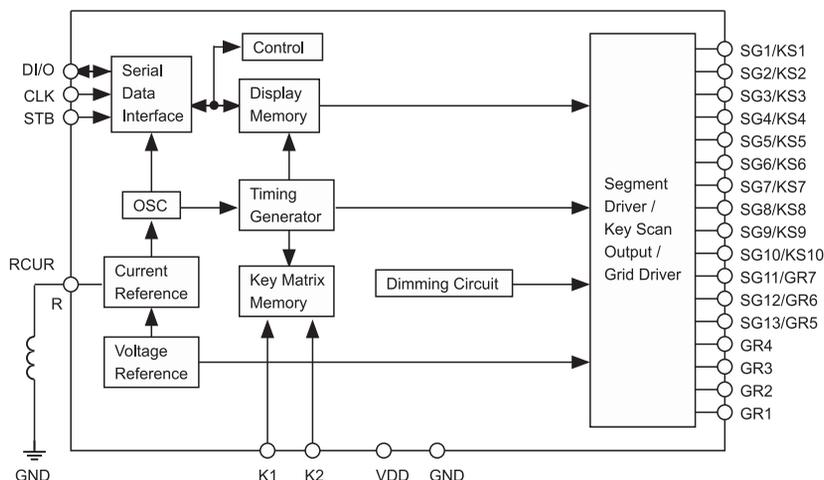


Рис. 4.1.4. Структурная схема микросхемы IK2102DW

Таблица 4.1.1. Назначение выводов микросхемы STR-A6059M

Номер вывода	Обозначение	Назначение
1	S/OCP	Исток силового MOSFET-транзистора, вход сигнала токовой защиты
2	BR	Вход контроля входного напряжения
3	GND	Общий
4	FB/OLP	Вход сигнала обратной связи, вход защиты от перегрузки
5	VCC	Напряжение питания ИМС
6	—	Отсутствует
7,8	D/ST	Сток силового MOSFET-транзистора



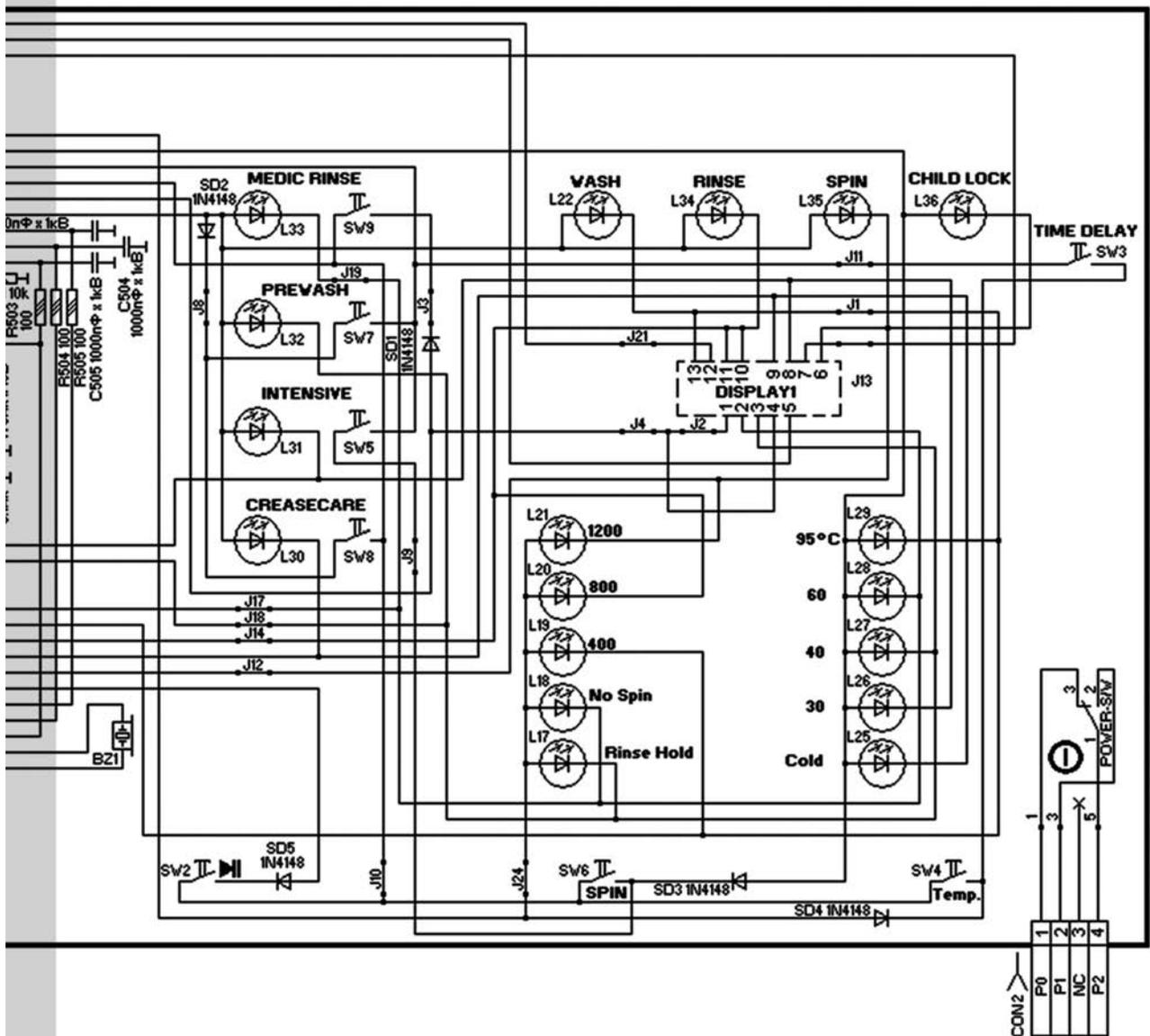


схема ЭМ ПУ (код EBR66223201)

POWER) также необходимо включение реле X2 (реле ТЭН) — см. описание ниже.

Рассмотрим цепи формирования и основных потребителей по каждому из выходных напряжений ИП.

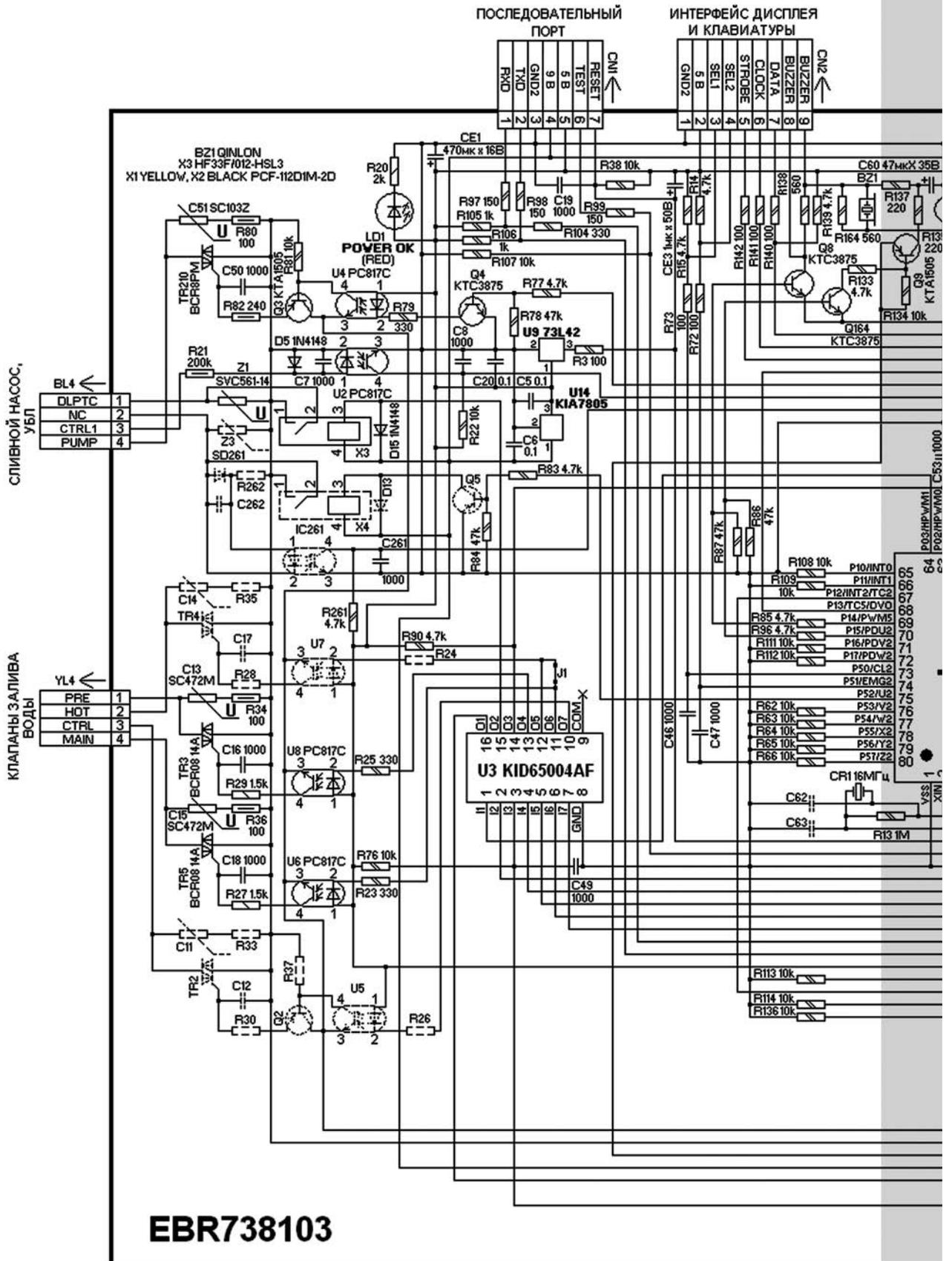
**Напряжение 9 В** формируется выпрямителем D11 CE8 и поступает на следующие элементы:

- выходные каскады (в составе транзисторной сборки U3) управления обмотками всех реле;
- вход интегрального стабилизатора напряжения 5 В U14;
- на контакт 4 соединителя CN1 и контакт 2 BL6 (датчик скорости мотора).

**Напряжение 12(1) В** формируется выпрямителем D14 CE6 и поступает на следующие элементы:

- контактную группу реле X1 (POWER) (через реле коммутируется сетевая линия NA);
- силовые выводы (условно называемые А1) симисторов помпы (TR20) и клапанов залива воды (TR2-TR5);
- коллекторы фототранзисторов оптронов U5, U4 в цепях управления симисторами TR2, TR20 соответственно.

**Напряжение 12(2) В** формируется выпрямителем D12 CE9 и поступает на следующие элементы:





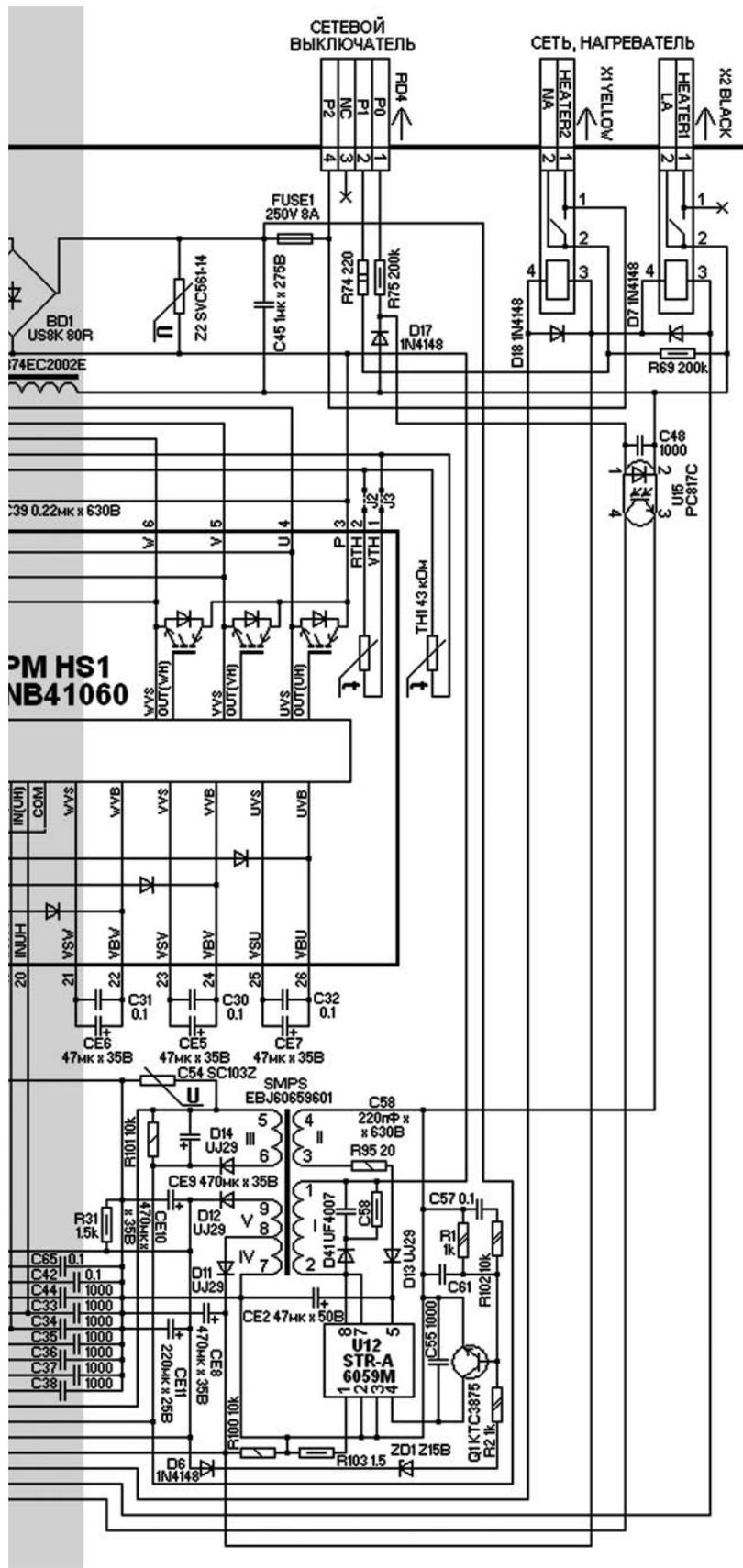


Рис. 4.1.6. Принципиальная электрическая схема силового ЭМ (код EBR738103) (2/2)

- выв. 16, 17 (входы питания драйверов) силовой сборки HS1;
- вход цепи обратной связи ИП (D6 ZD1 R2 Q1). С этого канала снимается измерительный сигнал для обеспечения групповой стабилизации остальных выходных напряжений ИП;
- ключ Q9 питания выходных каскадов питания звукового излучателя BZ1.

**Напряжение 5 В** формируется стабилизатором U14 (см. выше) из 9 В и поступает на следующие элементы:

- детектор напряжения U9 (см. выше);
- контакт 5 соединителя CN1, контакт 2 соединителя CN2;
- выв. 8 компаратора U11;
- выв. 14 ИМС U1;
- выв. 8 ЭСППЗУ U10;
- выв. 5, 42, 43 МК U13;

**Напряжение 300 В** формируется выпрямителем BD1 CE4 и используется для питания полумостовых каскадов на IGBT-транзисторах в составе силовой сборки HS1. Указанное напряжение поступает на выв. 3 HS1.

Для защиты компонентов ЭМ по сети 220 В на шине NA (NEUTRAL) последовательно установлен предохранитель FUSE1 (в зависимости от версии ЭМ — 8 или 10 А).

- Примечания.**
1. Каналы питания 12(1) и 300, 12(2), 9, 5 В имеют разные общие шины. Условно эти общие шины обозначены GND1 (для канала 12(1) В) и GND2 (для каналов 5, 9, 12(2) и 300 В).
  2. Напряжения 12(1), 12(2) и 9 В нестабилизированные, они незначительно изменяются (не более 10%) в зависимости от режима работы СМ.

### Управление приводным мотором

В составе СМ используется 3-фазный бесколлекторный приводной мотор с инверторным управлением. Подобные моторы являются своеобразной «визитной карточкой» стиральных машин LG. В машинах с прямым приводом мотор состоит из постоянного магнита (ротора) и статора, в котором по окружности расположены 36 силовых катушек. Вал ротора крепится непосредственно к валу барабана и, по сути, является валом барабана СМ.

На рис. 4.1.9 показан разобранный мотор СМ LG с прямым приводом. На нем видны все составные части этого узла: ротор, статор, датчик скорости мотора на основе датчиков Холла.

По сравнению с классическими СМ с коллекторным приводным мотором в машинах с прямым приводом (как и 3-фазные моторы с инверторным управлением) применяется более сложная система управления мотором. Например, в похожей системе управления 3-фазными моторами в составе ЭМ ARCADIA (применяется в СМ производства Indesit Company, например, см. [3], [20] и главу 1.1) помимо основного МК дополнительно используется ЦСП (DSP). Инженеры компании LG при разработке СМ с прямым приводом пошли по пути оптимизации: ресурсов МК (как в нашем случае, типа TMP88FW45AFG) помимо других функций хватает и для управления мотором. Кроме того, выходные каскады на шести отдельных IGBT-транзисторах с сопутствующими цепями (как у других производителей) были заменены на силовые сборки, в состав которых входят выходные каскады и их драйверы. В СМ LG с прямым приводом для контроля работы мотора также используется датчик скорости приводного мотора на основе элементов Холла — с

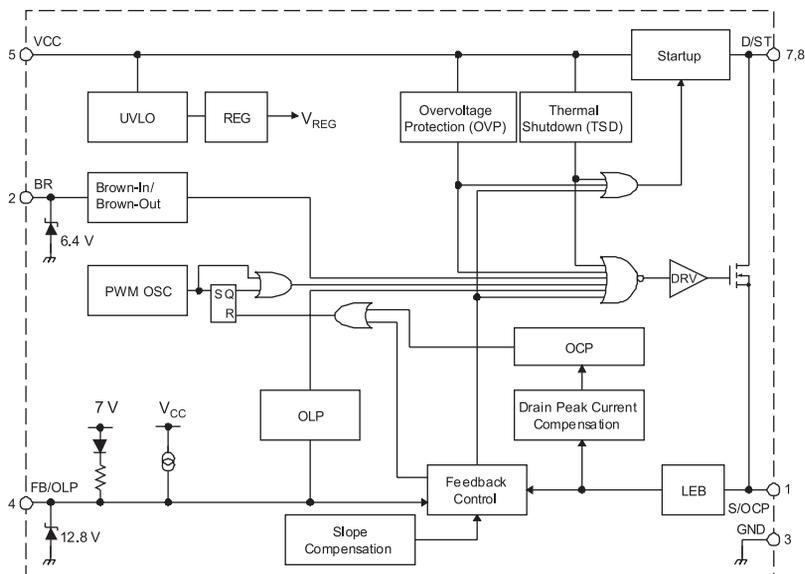


Рис. 4.1.7. Структурная схема микросхемы STR-A6059M

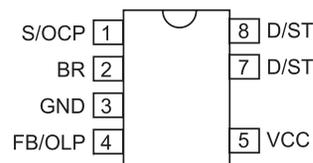


Рис. 4.1.8. Расположение выводов микросхемы STR-A6059M

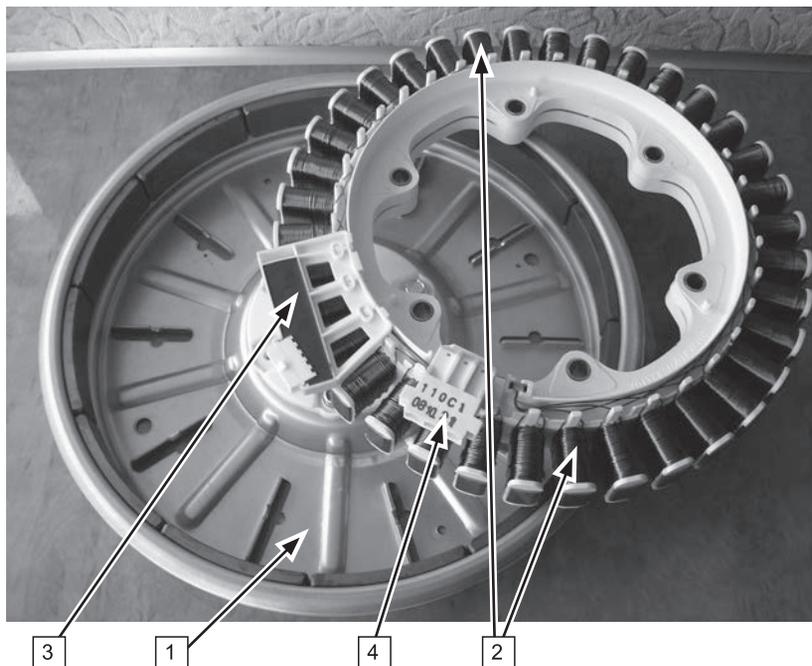


Рис. 4.1.9. Внешний вид основных компонентов мотора СМ LG с прямым приводом, где: 1 — ротор; 2 — статор; 3 — датчик скорости мотора (на основе элементов Холла); 4 — силовой соединитель, к которому подключены обмотки статора

помощью него можно не только контролировать скорость вращения барабана, но и направление его вращения.

Применительно к рассматриваемому модулю в состав узла управления мотора входят МК U13 (общее управление), силовая сборка HS1 (выходные каскады и драйверы), три инвертора из состава микросхемы U1 (буферные элементы в цепях датчиков Холла) и один компаратор из состава микросхемы U11 (цепь контроля тока через выходные каскады управления приводным мотором). Для обеспечения работы инвертора в ЭМ также используется накопительный дроссель RA, который обеспечивает:

- повышение коэффициента мощности;
- подавление паразитных высших гармоник;
- снижение влияния на силовые цепи бросков тока;
- уменьшение скорости нарастания токов короткого замыкания в выходных каскадах.

Общее управление мотором обеспечивает МК, применительно к функции управления приводным мотором, он обеспечивает:

- Формирование пар управляющих сигналов по каждому из 3-х каналов, поступающих на драйверы выходных каскадов в составе силовой сборки HS1. Сигналы формируются по следующим цепям (без скобок — для линий INL(LOW), а в скобках — INH(HIGH)):
  - выв. 10 (13) U13 — выв. 12 (18) HS1;
  - выв. 11 (14) U13 — выв. 13 (19) HS1;
  - выв. 12 (15) U13 — выв. 14 (20) HS1.
- Прием аварийного контрольного сигнала VFO (Fault Output, ошибка выхода) с силовой сборки по цепи: выв. 11 HS1 — выв. 16 U13. Данный сигнал формируется самой сборкой.
- Прием сигнала токовой перегрузки через выходные каскады в составе силовой сборки HS1 управления приводным мотором по цепи: R58 — R57 — выв. 6, 7 компаратора U11 — выв. 17 U13. Резистор R58 является измерительным, к нему подключены эмиттеры (выв. 7-9) трех транзисторов нижних плеч выходных каскадов силовой сборки, а другой вывод резистора подключен к общей шине канала 300 В. Если падение напряжения на резисторе превысит пороговый уровень (например, вследствие неисправности в одном из выходных каскадов или при коротком замыкании в нагрузке), на МК поступает аварийный сигнал, инициирующий блокировку работы мотора с одновременным формиро-

ванием соответствующего кода ошибки на ПУ СМ.

- Прием сигнала с одного из датчиков NTC контроля температуры корпуса силовой сборки HS1 (один датчик встроен в корпус сборки, а второй — внешний и крепится к радиатору сборки) по цепи: внешний NTC EP1 (или выв. 1, 2 HS1 (при замкнутых переключках J2, J3)) — выв. 35 U13.
- Контроль скорости и направления вращения вала приводного мотора с помощью датчика скорости, выполненного на основе сборки из двух элементов Холла. Сигналы с датчиков поступают по следующим цепям:
  - датчик Hb — контакт 4 соединителя BL6 — R44 — выв. 5, 6 инвертора в составе микросхемы U1 — выв. 20 U13;
  - датчик Ha — контакт 6 соединителя BL6 — R60 — выв. 3, 4 U1 — выв. 19 U13.
- Контроль напряжения питания 300 В, поступающего на инверторные выходные каскады управления приводным мотором. Сигнал поступает по цепи: «+» вывод диодной сборки BD1 — R70 — выв. 41 U13.

### Элементы управления исполнительными устройствами в составе СМ

Кроме узла управления приводным мотором рассмотрим подробнее другие элементы и цепи управления исполнительными устройствами СМ:

- **клапан отделения предварительной стирки (PRE):** выв. 29 МК U13 — выв. 4, 13 сборки U3 — R25 — оптрон U8 — R29 — симистор TR3 — контакт 1 соединителя YL4;
- **клапан отделения основной стирки (MAIN):** выв. 31 МК U13 — выв. 6, 11 сборки U3 — R23 — оптрон U6 — R27 — симистор TR5 — контакт 4 соединителя YL4. По этой же цепи обеспечивается управление **клапаном залива горячей воды (HOT)** (устанавливается опционально): выв. 31 МК U13 — выв. 6, 11 сборки U3 — переключка J1 — R24 — оптрон U7 — R28 — симистор TR4 — контакт 2 соединителя YL4. Клапан HOT параллельно управляется еще по одной цепи (при снятой переключке J1): 30 МК U13 — выв. 5, 12 сборки U3 — R24 — оптрон U7 — R28 — симистор TR4 — контакт 2 соединителя YL4;
- **резервный канал управления симистором (CTRL)** (компоненты устанавливаются опцио-

- нально): выв. 32 МК U13 — выв. 7, 10 сборки U3 — R26 — оптрон U5 — транзистор Q2 — R30 — симистор TR2 — контакт 3 соединителя YL4;
- **помпа (PUMP)**: выв. 61 МК U13 — R77 — Q4 — R79 — оптрон U4 — Q3 — R82 — симистор TR20 — контакт 4 соединителя BL4;
  - **УБЛ**: выв. 27 МК U13 — выв. 2, 15 сборки U3 — обмотка и контактная группа реле X3 — контакт 1 (DLPTC) соединителя BL4;
  - **резервный канал управления реле (NC)** (компоненты устанавливаются опционально): выв. 75 МК U13 — R83 — Q5 — обмотка и контактная группа реле X4 — контакт 2 соединителя BL4;
  - **реле POWER X1**: выв. 64 МК U13 — выв. 1, 16 сборки U3 — обмотка и контактная группа реле X1;
  - **реле ТЭН X2**: выв. 24 МК U13 — транзистор Q7 — обмотка и контактная группа реле X2;
  - два **звуковых излучателя BUZZER** (первый установлен на ЭМ ПУ, а второй — на силовом модуле). Излучатели управляются с выв. 62, 69, 70 U13 через буферные каскады на транзисторах Q8, Q9, Q164, Q165;
  - **элементы индикации на ЭМ ПУ**. Они управляются с помощью линий последовательного интерфейса, выведенных на соединитель CN2 (линии STROBE, CLOCK, DATA с выв. 58, 59, 60 U13) (рис. 4.1.6). В свою очередь, на модуле ПУ эти линии соединены через соединитель CON1 с соответствующими выводами многофункциональной микросхемы U501 (рис. 4.1.5) — выв. 4 (STB, STROBE), выв. 3 (CLK, CLOCK) и выв. 2 (DI/O, DATA).

## Элементы контроля и измерительные цепи

В составе СМ имеются элементы и цепи, «отвечающие» не только за контроль параметров стирки, но и за работоспособность некоторых функциональных узлов в составе ЭМ: датчика температуры воды в баке, прессостата (датчик уровня воды), датчика протечки, контактной группы срабатывания УБЛ, элементов цепей функционального управления и индикации в составе ПУ, цепей управления приводным мотором (см. выше), цепи детектора напряжения U9 и других узлов.

- Рассмотрим эти элементы и цепи подробнее:
- **цепь датчика температуры NTC** контроля воды в баке: контакт 4 (TH1) соединителя RD6 — R12 — выв. 37 МК U13;
  - **цепь датчика протечки воды в поддон (AQUA LOCK S/W)**: контакт 5 (ALOCK) соединителя RD6 — выв. 7 МК U13;
  - **резервная контрольная цепь** (опционально): контакт 2 (NC) соединителя BL4 — оптрон IC261 — выв. 40 МК U13;
  - **цепь контроля УБЛ**: контакт 3 (CTRL1) соединителя BL4 — R21 — оптрон U2 — выв. 34 МК U13. Контактная группа УБЛ коммутирует сетевую линию NA (NEUTRAL) на цепи питания помпы и клапанов залива воды;
  - **селектор программ**. Селектор выполнен на основе импульсного (пошагового) энкодера, который обеспечивает определение направления и углового перемещения его ручки. Внешний вид подобного энкодера показан на рис. 4.1.10.

В составе пошагового энкодера имеются две контактные группы, срабатывание одной из них сообщает о направлении вращения ручки. Энкодер формирует короткие импульсы, появление каждого из которых соответствует повороту ручки устройства на определенный фиксированный угол (значение угла определяется техническими возможностями энкодера). Приемником является счетное устройство (в нашем случае МК), которое подсчитывает количество импульсов и преобразует их в угол поворота ручки. Сигналы с



**Рис. 4.1.10. Внешний вид импульсного энкодера, применяемого в качестве селектора программ в составе СМ LG**

энкодера SEL поступают с ЭМ ПУ (в скобках дана цепь для второго канала) по цепям: селектор EN1 (рис. 4.1.5) — контакт 3 (4) (SEL1 (SEL2)) соединителя CON1 — контакт 3 (4) соединителя CN2 (рис. 4.1.6) — R73 (R72) — выв. 73 (74) МК U13.

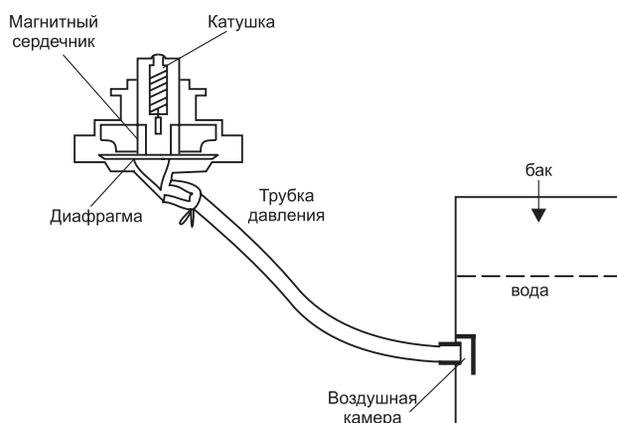
— **прессостат**. В СМ LG в качестве прессостатов применяются так называемые индуктивные датчики уровня воды. Из их названия ясен тип датчика — это преобразователь «давление/индуктивность». Подключение индуктивного датчика уровня и его конструкцию поясняет рис. 4.1.11.

Конструктивно индуктивный датчик уровня состоит из катушки и подпружиненного магнитного сердечника, который может перемещаться вдоль оси катушки при деформации диафрагмы, воспринимающей изменение давления. Изменение положения сердечника приводит к изменению индуктивности L катушки датчика. В большинстве СМ LG катушка датчика подключена к схеме из трех инверторов (в нашем случае — это инверторы в составе микросхемы U1 на ЭМ), которые представляют собой простейший LC-генератор. Относительно большая индуктивность датчика (соответственно, низкая частота генератора — десятки кГц) также выбрана не случайно. Это связано с тем, чтобы длинные соединительные провода между датчиком и ЭМ имели минимальное влияние на частоту генератора. Частота генератора и уровень воды в баке являются обратно пропорциональными величинами.

Катушка прессостата подключена к конт. 1, 2 (S1, S2) соединителя PD6 (рис. 4.1.6). Сигнал на выходе LC-генератора снимается с точки соединения резисторов R6, R7 и далее поступает на выв. 67 U13 для измерения частоты и, соответственно, оценки уровня воды в баке.

— **детектор напряжения** U9 (см. выше). Эта микросхема формирует сигнал начального сброса на выв. 8 (RESET) U13 в момент подачи питания (линия 5 В) и при снижении уровня питающего напряжения ниже 4,2 В (так называемый «аварийный рестарт»).

К сожалению, в рассматриваемом ЭМ отсутствуют цепи контроля управления важными компонентами в составе СМ, традиционно реализуемых в ЭМ многих других производителей — помпой и ТЭН. В рассматриваемом модуле проверка их работоспособности обеспечивается косвенно — с помощью прессостата и датчи-



**Рис. 4.1.11. Подключение индуктивного датчика и принцип его работы**

ка температуры, что не лучшим образом может отразиться на безопасности эксплуатации СМ.

### Микроконтроллер

В ЭМ применяется МК типа TMP88FW45AFG производства TOSHIBA CORPORATION. Эта микросхема входит в семейство 8-битных МК серии TLCS-870/X и специально была разработана для СМ с 3-фазными приводными моторами с инверторным управлением. Она выполнена в 80-контактном корпусе QFP80-P-1420-0.80В.

МК обладает следующими отличительными особенностями:

- 8-битное процессорное ядро;
- 3 внешних последовательных интерфейса;
- 71 линия универсальных портов ввода/вывода;
- 8-битный высокоскоростной ШИМ;
- 10-битный 16-канальный АЦП;
- набор 8- и 16-разрядных таймеров;
- 2-канальный программируемый драйвер мотора;
- ПЗУ (Flash) объемом 122880 бит;
- максимальная частота внешнего кварцевого резонатора 20 МГц;
- ОЗУ объемом 4224 бит.

Питается МК напряжением 5 В от стабилизатора U14 (KIA7805), частота тактового генератора стабилизирована внешним кварцевым резонатором CR1 частотой 16 МГц. Сигнал начального сброса для МК формируется специализированной микросхемой детектора напряжения U9. Обозначение и назначение выводов МК TMP88FW45AFG приведено в таблице 4.1.2.

**Таблица 4.1.2. Назначение выводов МК TMP88FW45AFG.**

Номер вывода	Обозначение	Назначение применительно к схеме ЭМ
1	VSS	Общий (GND2)
2	XIN	Выводы подключения внешнего кварцевого резонатора CR1 (16 МГц)
3	XOUT	
4	TEST	Соединен с конт. 6 (TEST) соединителя CN1 (используется для подключения внешнего программатора)
5	VDD	Питание 5 В
6	P21/TC3	Не используется. Соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
7	P22/PWM4/ PDO4TC4/ INT4	Вход сигнала с датчика протечки AQUA LOCK S/W. Соединен с конт. 5 (ALOCK) соединителя PD6
8	/RESET	Вход сигнала начального сброса RESET, формируемого детектором напряжения U9. В режиме программирования Flash-памяти на этот вывод поступает сигнал с внешнего программатора (через конт. 7 соединителя CN1)
9	P20/STOP/ INT5	Не используется. Соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
10	P30/Z1	Выход сигнала управления на драйвер выходного каскада управления приводным мотором (выв. 12 (INWL) силовой сборки HS1)
11	P31/Y1	Выход сигнала управления на драйвер выходного каскада управления приводным мотором (выв. 13 (INVL) силовой сборки HS1)
12	P32/X1	Выход сигнала управления на драйвер выходного каскада управления приводным мотором (выв. 14 (INUL) силовой сборки HS1)
13	P33/W1	Выход сигнала управления на драйвер выходного каскада управления приводным мотором (выв. 18 (INWH) силовой сборки HS1)
14	P34/V1	Выход сигнала управления на драйвер выходного каскада управления приводным мотором (выв. 19 (INVH) силовой сборки HS1)
15	P35/U1	Выход сигнала управления на драйвер выходного каскада управления приводным мотором (выв. 20 (INUH) силовой сборки HS1)
16	P36/EMG1	Прием аварийного контрольного сигнала VFO (Fault Output, ошибка выхода) с выв. 11 силовой сборки HS1
17	P37/CL1	Вход сигнала токовой перегрузки через выходные каскады в составе силовой сборки HS1 (сигнал снимается с резистора R58 и далее поступает через компаратор в составе U11)
18	P40/PDW1	Вход сигнала с датчика скорости мотора (датчик Холла) (с конт. 6 (Ha) соединителя BL6 через инвертор в составе U1)
19	P41/PDV1	Не используется. Соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
20	P42/PDU1	Вход сигнала с датчика скорости мотора (датчик Холла) (с конт. 5 (Hb) соединителя BL6 через инвертор в составе U1)
21	P43/SCK	Вход сигналов данных 3-проводной шины связи с ЭСППЗУ (соединен с выв. 4 U10 (D0))
22	P44/BOOT/SI/ RXD1	Вход приема данных с внешнего программатора в режиме программирования Flash-памяти (через конт. 1 (RXD) соединителя CN1)
23	P45/SO/TXD1	Выход передачи данных на внешний программатор в режиме программирования Flash-памяти (через конт. 2 (TXD) соединителя CN1)
24	P46/PPG2	Выход управления реле ТЭН X2 (через транзистор Q7)
25	P47/CTC	Не используются. Каждый соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
26	P60/AIN0	
27	P61/AIN1	Выход управления реле УБЛ X3 (через выв. 2, 15 сборки U3)
28	P62/AIN2	Не используется. Соединен с линией 5 В через резистор 10 кОм
29	P63/AIN3	Выход управления клапаном предварительной стирки (через выв. 4, 13 сборки U3, оптрон U8 и симистор TR3)
30	P64/AIN4	Выход управления клапаном залива горячей воды (через выв. 5, 12 сборки U3, оптрон U7 и симистор TR4) — все компоненты устанавливаются опционально
31	P65/AIN5	Выход управления клапаном основной стирки (через выв. 6, 11 сборки U3, оптрон U6 и симистор TR5). При замкнутой перемычке J1 параллельно подключается управляющая цепь клапана горячей воды (см. рис. 4.1.6)
32	P66/AIN6	Выход управления резервным каналом управления симистором TR2 (через выв. 7, 10 сборки U3, оптрон U5 и симистор TR2) — все компоненты устанавливаются опционально
33	P67/AIN7/ DBOU1	Выход выбора кристалла (CS) шины связи с ЭСППЗУ (соединен с выв. 1 U10)
34	P70/AIN8	Вход контроля срабатывания силовой контактной группы УБЛ (с конт. 3 (CTRL1) соединителя BL4 через оптрон U2)
35	P71/AIN9	Вход сигнала с одного из датчиков (NTC) контроля температуры корпуса силовой сборки HS1
36	P72/AIN10	Не используется. Соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм

Таблица 4.1.2. Назначение выводов МК TMP88FW45AFG (окончание)

Номер вывода	Обозначение	Назначение применительно к схеме ЭМ
37	P73/AIN11	Вход сигнала с датчика (NTC) контроля температуры воды в баке
38	P74/AIN12	Линия синхронизации 3-проводной шины связи с ЭСППЗУ (соединен с выв. 2 U10 (SK))
39	P75/AIN13	Не используется. Соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
40	P75/AIN14	Вход с резервной контрольной цепи (компоненты устанавливаются опционально): (с конт. 2 (NC) соединителя BL4 через оптрон IC261)
41	P77/AIN15/ DBOUT2	Вход контроля напряжения питания 300 В, поступающего на инверторные выходные каскады управления приводным мотором
42	VAREF	Питание 5 В
43	AVDD	
44	AVSS	
45-57	P80-P87, P90-P94	Не используются. Каждый соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
58	P95	Линия STROBE последовательной шины связи с ЭМ ПУ (микросхемой U501) (рис. 4.1.5). Сигнал выведен на конт. 5 соединителя CN2
59	P96	Линия CLOCK последовательной шины связи с ЭМ ПУ (микросхемой U501). Сигнал выведен на конт. 6 соединителя CN2
60	P97	Линия DATA последовательной шины связи с ЭМ ПУ (микросхемой U501). Сигнал выведен на конт. 7 соединителя CN2
61	P00/RXD2/TC6	Выход управления помпой (через транзисторы Q4, Q3, оптрон U4 и симистор TR20)
62	P01/TXD2/ PDO6/PWM6/ PPG6	Выход управления звуковым излучателем BUZZER (через транзистор Q165)
63	P02/HPWM0	Вход сигнала POWER с сетевого выключателя POWER S/W ЭМ ПУ (рис. 4.1.5) (через соединитель PD4, оптрон U15 и выв. 3, 14 сборки U3 — см. рис. 4.1.6)
64	P03/HPWM1	Выход управления реле POWER X1 (через выв. 1, 16 сборки U3)
65	P10/INT0	Не используются. Каждый из выводов соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
66	P11/INT1	
67	P12/TC1/INT2	Вход сигнала с прессостата (LC-генератор собран на инверторах в составе U1)
68	P13/TC5/DVO	Выход сигналов данных 3-проводной шины связи на ЭСППЗУ (соединен с выв. 3 U10 (D0))
69	P14/PWM5/ PDO5/PPG1	Выход управления звуковым излучателем BUZZER (через транзистор Q8)
70	P15/PDU2	Выход управления звуковым излучателем BUZZER (через транзистор Q164)
71	P16/PDV2	Не используются. Каждый из выводов соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм
72	P17/PDW2	
73	P50/CL2	Вход SEL1 с энкодера в составе ЭМ ПУ
74	P51/EMG2	Вход SEL2 с энкодера в составе ЭМ ПУ
75	P52/U2	Выход управления резервным реле X4 (через транзистор Q5) — все компоненты устанавливаются опционально
76-80	P53-P57	Не используются. Каждый соединен с общим проводом (GND2) через резистор 10 кОм

Необходимо отдельно сказать о программировании МК и возможности его тиражирования — на сегодняшний момент времени пока ни одному специалисту по ремонту бытовой техники не удалось считать данные Flash-памяти в составе МК (соответственно, тиражирование данных МК также находится под вопросом).

Соединитель CN1 (рис. 4.1.6) необходим для двух целей: управления одной из опций ПУ, а также для однократного программирования МК на этапе производства (его повторное использование с целью инженерного программирования невозможно).

## ЭСППЗУ

В ЭМ используется микросхема ЭСППЗУ типа 93C56WP. Она имеет 2 кбит памяти и соединена с МК следующими линиями: CS (выв. 1 U10, выбор кристалла, соединен с выв. 33 U13), SK (выв. 2 U10, синхронизация, соединен с выв. 38 U13), DI (выв. 3 U10, прием данных, соединен с выв. 68 U13), DO (выв. 4 U10, передача данных, соединен с выв. 21 U13).

ИМС ЭСППЗУ используется для хранения временных данных, необходимых МК в ходе эксплуатации СМ. Это, в частности, могут быть, зафиксированные коды ошибок и др. Указанные данные не являются критичными, поэтому даже

при обнулении содержимого ЭСППЗУ или при замене микросхемы это не повлияет на работоспособность СМ.

## Коды маркировки SMD-компонентов в составе ЭМ

В таблице 4.1.3 приведены коды маркировки SMD-транзисторов в составе СМ.

**Таблица 4.1.3. Коды маркировки SMD-компонентов в составе СМ**

Код маркировки	Тип элемента	Основные параметры
AL	Биполярный транзистор КТС3875 (корпус SOT-23-3)	n-p-n, $U_{кэ} = 50$ В, $I_{к} = 150$ мА
AZO, AZY, AZG	Биполярный транзистор КТА1505 (корпус SOT-23-3)	p-n-p, $U_{кэ} = 35$ В, $I_{к} = 500$ мА

## Особенности ремонта ЭМ

Рассматриваемый силовой ЭМ, как и большинство подобных модулей, применяемых в СМ LG, размещены в пластмассовом кожухе и залиты силиконовым герметиком (за исключением модулей ПУ). Естественно, когда возникает необходимость в ремонте ЭМ, герметик затрудняет доступ к электронным компонентам. Эту проблему решают путем извлечения ЭМ из кожуха с последующим удалением герметика с платы.

Упрощенно подобный процесс можно разбить на следующие этапы:

- по внутреннему периметру кожуха небольшой плоской отверткой очищают по краям плату ЭМ от герметика;
- тонкой отверткой углубляют канавку по периметру платы в промежутке между ней и кожухом;
- в одном из углов (лучше в точке рядом с силовым дросселем) вставляют плоскую отвертку между платой и кожухом. Аккуратно приподнимают угол и постепенно извлекают всю плату в направлении от дросселя до противоположной узкой стороны. При выполнении операций по извлечению ЭМ и удалению с

него герметика главное — это соблюдать осторожность, чтобы не повредить модуль и электронные компоненты на нем;

- осторожно удаляют герметик с платы в местах, где это необходимо.

Опытные специалисты, уже зная по признакам неисправности ее причину, не удаляют весь герметик с ЭМ, а обеспечивают доступ только к его определенным областям. Зачастую может даже не потребоваться извлечение ЭМ из кожуха — например, при необходимости, с обратной стороны в кожухе вырезают отверстие и в этом месте с платы удаляют герметик.

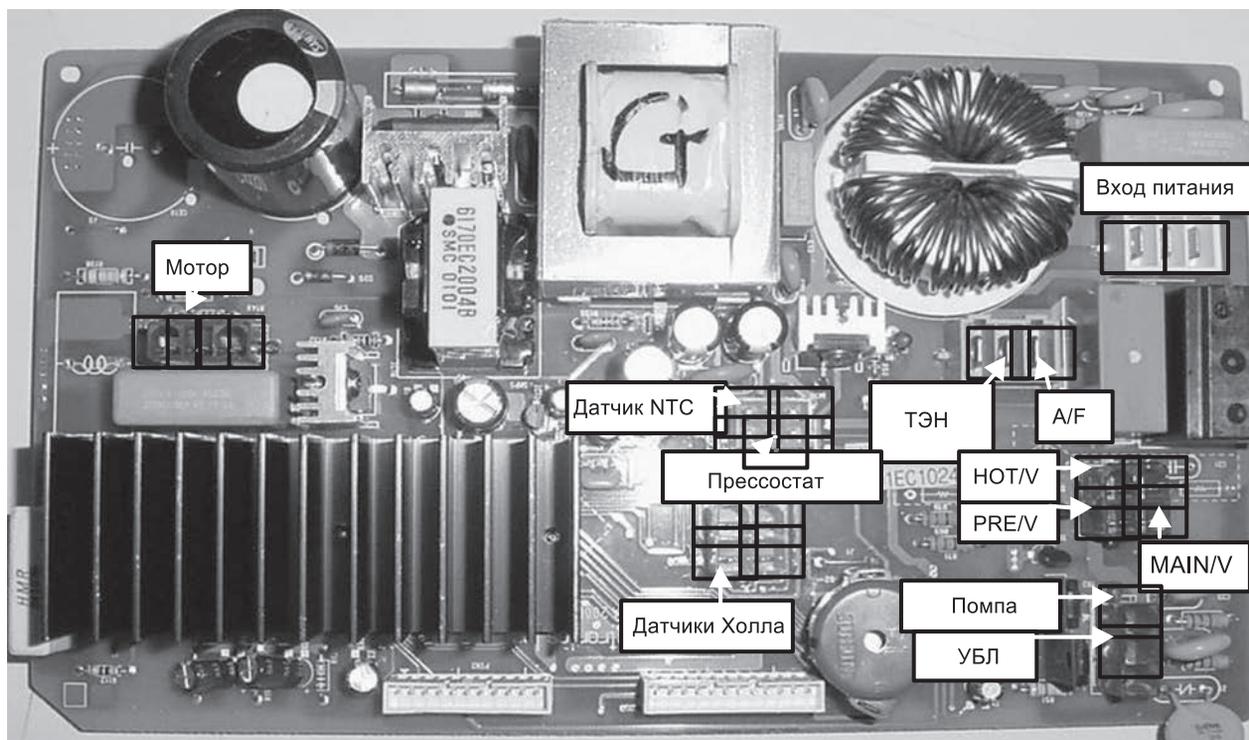
## Характерные неисправности ЭМ и способы их устранения

Рассмотрим характерные неисправности ЭМ (его разновидностей) и способы их устранения.

**Примечание.** На ПУ СМ с рассматриваемым ЭМ отсутствует светодиодный дисплей, поэтому индикация кодов ошибок отображается свечением определенной комбинации функциональных светодиодов панели управления. Существуют похожие по компоновке разновидности данного ЭМ (но с цифровым индикатором на ПУ), на которых коды ошибок отображаются с помощью буквенно-цифровой комбинации. Для удобства обозначения кодов ошибок в описании будут приводиться именно в буквенно-цифровом виде, «перевод» указанных кодов в комбинации свечения функциональных индикаторов выполнить несложно. Это сделано намеренно, чтобы охватить похожие по компоновке разновидности ЭМ.

### СМ не включается, горит индикаторный светодиод на ЭМ

При признаках подобной неисправности в первую очередь проверяют цепь сигнала POWER — поступает ли он после нажатия сетевого выключателя POWER S/W на выв. 63 U13 (через оптрон U15 и выв. 3, 14 сборки U3). Если все в норме, проверяют канал питания 9 В (поступает ли указанное напряжение на обмотку реле X1), а также цепь управления реле X1 (см. описание выше). В большинстве случаев бывает достаточно проверить указанные цепи. В худшем случае может быть неисправен МК U13 (не мешает также проверить U9, кварцевый резонатор CR1 и уровень напряжения в канале 5 В).



**Рис. 4.1.12. Внешний вид одной из разновидностей ЭМ с управлением УБЛ через оптрон и внешние соединители модуля**

Также при похожих симптомах неисправности причина может быть связана с утечкой между цепью выключателя POWER S/W и другими цепями в составе ЭМ ПУ — достаточно лишь промыть эту плату от загрязнений.

**СМ включается. В процессе работы (или ожидаемой работы) мотора на индикаторе появляется ошибка LE (Motor Locked Error, блокировка мотора)**

Чаще всего подобная неисправность вызвана дефектом датчиков Холла (контроль вращения приводного мотора) и их цепей на ЭМ (см. описание выше). В этом случае обычно бывает достаточно проверить/заменить на блоке датчиков токоограничительные SMD-резисторы (330 Ом). Предварительно нужно удалить компанд на блоке датчиков, чтобы получить доступ к указанным резисторам.

**СМ не включается. На ЭМ перегорает резистор R74 (220 Ом), расположенный рядом с силовым дросселем (в других версиях модулей указанный резистор может быть обозначен как R205)**

Данный резистор стоит последовательно в цепи питания ИП и шунтируется контактными группами реле X1 в рабочем режиме. Чаще всего

резистор выходит из строя из-за пробоя ТЭН или неисправности силовой сборки HS1.

**СМ включается. Не работает мотор. На ПУ отображается ошибка PF (Power Failure, ошибка питания)**

Подобный дефект чаще всего бывает связан с отсутствием питания 300 В на силовой сборке HS1. Вначале проверяют целостность предохранителя FUSE1 (8...10 А) (расположен рядом дросселем и с конденсатором CE4), а затем — исправность компонентов в контрольной цепи BD1(+ вывод, выв. 3 HS1) — R70 — выв. 41 U13.

**СМ включается. В процессе работы (или ожидаемой работы) мотора на индикаторе появляется ошибка CE (Current Error, перегрузка по току). Предохранитель FUSE1 цел**

Подобная неисправность возникает из-за перегрузки (повышенного тока) в одном из выходных каскадов (в составе HS1) или вследствие дефекта в контрольной цепи (резистор R58 — R57 — выв. 6, 7 компаратора U11 — выв. 17 U13). В этом случае чаще всего бывает достаточно заменить сборку HS1. Также необходимо проверить целостность обмоток мотора (межвитковые замыкания).

**СМ включается. На ПУ отображается ошибка dE (Door Open Error, открыта дверца люка), хотя на самом деле дверца закрыта. УБЛ и его цепи управления исправны**

В подобном случае в первую очередь проверяют исправность оптрона U2, а также элементы в его цепи (конт. 3 (CTRL1) соединителя BL4 — R21 — оптрон U2 — выв. 34 МК U13). Данный оптрон достаточно часто выходит из строя (чаще, чем все остальные оптроны) вследствие того, что в рабочем цикле СМ он постоянно открыт и тем самым достаточно быстро вырабатывается его ресурс (выходит из строя светодиод в его составе).

**СМ включается. Не срабатывает УБЛ (для версий ЭМ, где в цепи управления УБЛ включены симистор и оптрон)**

Версии ЭМ с оптронами в цепях управления силовыми компонентами достаточно широко распространены и чаще всего «слабым» звеном в цепи управления УБЛ также оказывается именно оптрон. Приведем данную цепь для одной из версий ЭМ: выв. 35 МК IC17 (TMP88СК48) — выв. 7, 10 сборки IC6 (ULN2004, KID65004) — оптрон IC7 — транзистор Q7 (KTA1505) — симистор TR1 — УБЛ. Внешний вид одной из версий подобного ЭМ, а также его внешние подключения показаны на рис. 4.1.12.