

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Экземпляр № _____

Пояснительная записка к эскизному проекту зарядной установки мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Технические характеристики

| | |
|---|-----------|
| Схема питания | 3Ф+N |
| Диапазон фазного напряжения питания, В | 176-264 |
| Максимальный потребляемый ток на фазу, А | 49 |
| Коэффициент мощности PF | 0,97 |
| Стойкость к импульсам высокой энергии L-N, LN-PE, кВ | 2, 4 |
| Возможность работы от двух и одной фазы со снижением мощности | да |
| КПД | 0,94-0,95 |
| Максимальная мощность в нагрузке, кВт | 22 |
| Максимальный выходной ток, А | 60 |
| Диапазон выходного напряжения, В | 250 - 430 |
| Максимальное выходное напряжение на холостом ходу, В | 500 |
| Интерфейс управления | RS485 |
| Наличие гальванической развязки от сети | да |

Структурная схема зарядной установки

Структурная схема зарядной установки (далее ЗУ) см. Лист 1. Приложение А.

ЗУ состоит из трех силовых однофазных модулей питающихся каждый от своей фазы, блока А5 – блока управления ЗУ, автоматического выключателя SF, силового контактора КМ и кнопки аварийного останова SB. Все три силовых модуля схемотехнически и конструктивно полностью идентичны, и взаимозаменяемы. Максимальная выходная мощность каждого силового модуля составляет 7.5кВт. Один такой модуль может быть использован в качестве отдельного ЗУ или источника питания с функцией стабилизации выходного тока.

Сложение мощностей всех трех модулей осуществляется на постоянном токе за счет мягкой выходной характеристики блока А3 и общего управления, формируемого блоком А5. Такое решение, с разделением по фазно преобразователей обусловлено условием задачи о необходимости работы от 3, 2, 1 фазы сети. Сложение же мощностей после блока А2 невозможно, т.к. в этом случае будет нарушена нормальная работа корректора коэффициента мощности. Полноценный трехфазный корректор коэффициента мощности здесь не применим по условию задачи.

С целью удешевления, упрощения и уменьшения габаритов силового модуля, если нет жестких требований к PF, от блока А2 можно отказаться. В этом случае значение PF на максимальной мощности будет около 0,5-0,6. Так, например, построено подавляющее большинство сварочных инверторов. Однако, значение коэффициента мощности и в этом случае можно повысить до уровня 0,7-0,9 применив пассивный ККМ, однако габариты устройства вновь увеличатся.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

В состав силового модуля входит 4 функциональных блока:

1. Блок А1. Фильтр электромагнитных помех (ЭМП) и источник питания собственных нужд (ИПСН). Данный блок обеспечивает фильтрацию электромагнитных помех поступающих из сети и помех, формирующихся в самом силовом модуле, обеспечивает защиту от импульсных перенапряжений в сети. Обеспечивает функцию ограничения пускового тока и формирует все необходимые напряжения питания.
2. Блок А2. Активный корректор коэффициента мощности (ККМ). ККМ формирует потребляемый ток из сети близкий к синусоидальному и обеспечивает PF всей установки около 0.95 – 0.98 на мощностях 0.5Р_{max} и более.
3. Блок А3. DC/DC инвертор. Обеспечивает гальваническую развязку и стабилизацию выходного тока, формируя мягкую выходную характеристику по напряжению.
4. Блок А4. Блок микроконтроллера (MCU). Обеспечивает контроль и управление блоками А1-А3. Имеет изолированный интерфейс внутреннего управления RS485. Кроме того, блок имеет собственный небольшой цифровой дисплей и органы управления необходимые при местном управлении одним силовым модулем.

Силовой модуль представляет собой полностью законченное устройство со своим корпусом и по условию задачи с жидкостным охладителем, который входит в общую систему охлаждения ЗУ.

Блок А5. Обеспечивает функцию внешнего управления по изолированному интерфейсу RS485. Управление и настройку работы ЗУ с помощью панели управления ЗУ, управление тремя силовыми модулями по внутреннему интерфейсу RS485, добалансировку выходных токов силовых модулей работающих на общую нагрузку. Формирует напряжение питания силового контактора КМ и источника питания системы охлаждения от 1, 2 или 3 фаз.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Краткое описание схемотехнических решений

1. Блок А1 - Фильтр ЭМП и ИПСН

См. Приложение А, лист 2.

Основной силовой фильтр выполнен на двух синфазных дросселях L1A1, L2A1 и соответствующих X и Y конденсаторах. Защиту от импульсных перенапряжений по цепи L-N обеспечивает варистор RV2A1, по цепи LN-PE варисторы RV1A1, RV3A1 и газовый разрядник FV1A1. Пассивная защита также осуществляется X и Y конденсаторами и индуктивностями дросселей. Гарантированная защита обеспечивается на уровне 2кВ L-N и 4кВ LN-PE.

ИПСН выполнен на четырех модульных герметичных источниках питания, устанавливаемых на печатную плату. Такое решение выбрано из-за соображений стандартности и доступности и не высокой стоимости таких источников питания. При необходимости может быть разработан свой источник питания мощностью 30-35Вт. Для снижения возможного влияния и “пролаза” мощных помех по цепям питания формируемых каскадами силового модуля, применен дополнительный фильтр ЭМП на дросселях L3A1, L4A1. Цепь ограничения пускового тока выполнена на резисторе R2A1 и шунтирующим его реле KV1A1 после окончания процесса заряда электролитических конденсаторов силового модуля. Управление реле осуществляется сигналом, подаваемым с блока А4 цепь ICL1.

2. Блок А2 - ККМ

См. Приложение А, лист 3, 4, 5.

Основа блока ККМ, это специализированная микросхема DA1A2 - UCC28070 – двухфазный контроллер ККМ предназначенный специально для создания мощных и сверхмощных корректоров коэффициента мощности. Корректор выполнен на двух дросселях L1A2, L2A2 и четырех быстродействующих IGBT транзисторах VT1A2 – VT4A2 типа IKW40N65WR5. Управление транзисторами осуществляется через сдвоенные драйверы затворов DD1A2, DD2A2 типа UCC27524A. Частота переключения 60 кГц. ККМ формирует силовую шину 390-400В с максимальным током нагрузки до 22А.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Все силовые элементы ККМ крепятся к охладителю через изолирующие теплопроводящие подложки из оксида алюминия типа КС304000-ТО247.038А, либо нитрида алюминия КС304000-ТО247.05NX.

Суммарная емкость электролитических конденсаторов в нагрузке ККМ – 6600 мкФ, что обеспечивает амплитуду пульсаций на силовой шине около 12В.

На ОУ DA2A2 выполнена схема слежения за уровнем сетевого напряжения В случае если напряжение в сети будет выше 265В, либо ниже 176В, то по цепям LINE_OVP, LINE_UVP будет подан соответствующий сигнал в блок А4. Откуда блок А4, по цепи SHDN_PFC произведет выключение ККМ и DC/DC инвертор.

На ОУ DA3A2 выполнена схема слежения за уровнем напряжения на силовой шине +400В. В случае, если по каким-либо причинам ККМ не работает и напряжение на шине составляет менее 360В будет выдан сигнал в блок А4 по цепи PFC_UVP. При таком сигнале, блок А4 произведет выключение ККМ и DC/DC инвертор.

На оптроне U5A2 и термостатическом датчике KSD9700- 90°C выполнена защита от перегрева, отработка защиты осуществляется блоком А4. Применение термостатических датчиков, позволяет вести контроль температуры в нескольких точках одновременно, подключая датчики последовательно. Все связи с блоком управления силовым модулем (MCU) А4 имеют гальваническую развязку через соответствующие оптроны.

3. Блок А3 - DC/DC инвертор

См. Приложение А, лист 6, 7, 8, 9.

Блок инвертора построен на базе специализированной микросхемы DA1A3 типа UC3875DWP. Силовая часть инвертора представляет собой полномостовую схему. В каждом плече моста применено по три быстродействующих IGBT транзистора, типа IKW40N65WR5. Частота переключения 60 кГц. Для управления транзисторами применены оптоизолированные драйверы U1A3-U4A3 типа VO3120 с дополнительным усилителем на транзисторах. Питание всех драйверов для повышения надежности переключения, двухполярное, +15, -15В. Для питания верхних ключей моста, применены отдельные изолированные двухполярные источники питания +15, -15В или +15, -12В.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Т.о. силовая схема инвертора полностью гальванически развязана от управляющей микросхемы DA1A3. Это позволило напрямую снимать напряжение с токового шунта R2A3 на выходе инвертора тем самым повышая точность установки выходного тока инвертора и его измерение. Напряжение с шунта поступает на усилитель построенный на ОУ DA2A3A, далее усиленное напряжение поступает в петлю обратной связи микросхемы DA1A3. Напряжение задания на управляющую микросхему поступает с выхода масштабировющего усилителя DA3A3. В свою очередь, на него напряжение задания поступает с блока А4 по цепи CUR_REF.

ОС по току формирует мягкую выходную характеристику инвертора, что позволяет складывать мощности всех трех силовых модулей по постоянному току. Дополнительную балансировку в пределах $\pm 5\%$ обеспечивает блок А5, подстраивая уровень задания по величине реального значения токов всех трех силовых модулей ЗУ.

Выходное напряжение инвертора поступает на компаратор выполненный на ОУ DA2A3B на котором реализована схема ограничения выходного напряжения инвертора на холостом ходу, уровнем около 500В.

На элементах VT21A3 и U5A3 реализована схема включения/выключения инвертора сигналом, поступающим с блока А4.

Поцикловой контроль тока в мосте инвертора выполнен по классической схеме на трансформаторе тока TI1A3 его выпрямителе и RC цепочке R81A3, C56A3.

На ОУ DA4A3 выполнен усилитель напряжения с шунта R2A3 и буферный усилитель выходного напряжения инвертора, сигналы с которых поступают на входы АЦП микроконтроллера блока А4, цепи Iout, Uout.

Все силовые элементы инвертора крепятся к охладителю через изолирующие теплопроводящие подложки из оксида алюминия типа KC304000-TO247.038A, либо нитрида алюминия KC304000-TO247.05NX.

Максимальная выходная мощность инвертора до 8кВт, выходной ток до 20-25А.

4. Блок А4 - MCU

См. Приложение А, лист 10.

Блок А4 выполнен на 16 разрядном микроконтроллере DD1A4 типа PIC24F16KA102. Гальванически развязанный интерфейс RS485 выполнен на микросхеме DD3A4 - ADM485AR и цифровом изоляторе DD2A4 - ADUM1301. Изолированное питание интерфейса реализовано на одноваттном DC/DC преобразователе типа P6AU-1205ELF.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Блок А4 имеет собственный 9 символьный дисплей HG1A4 - BSG3701-01 (TIC33). Во время работы силового модуля на дисплей может выводиться значение выходного тока, напряжения, аварийные ситуации и ошибки.

При местном управлении, пуск/стоп силового модуля осуществляется с помощью кнопки SB1A4, регулировка выходного тока резистором R6A4. Выбор адреса силового модуля и переключение режима работы местное/дистанционное осуществляется джамперами X1A4, X2A4. Вместо джамперов возможно применение DIP-SWITCH на два контакта.

При дистанционном управлении, все управление и контроль осуществляется по интерфейсу RS485.

5. Блок А5 - Блок управления ЗУ

См. Приложение А, лист 11, 12.

Блок управления ЗУ реализован на 16 разрядном микроконтроллере DA2A5 - PIC24FJ64GA004. Два гальванически развязанных и полностью независимых интерфейса RS485, один для внутренней сети управления силовыми модулями, второй для внешнего управления ЗУ. Схемотехнически они выполнены аналогично интерфейсу RS485 блока А4.

Панель управления ЗУ блока А5, состоит из 6 кнопок SB1A5 – SB6A5 и знакосинтезирующего 4х строчного 20 символьного дисплея HG1A5 типа MT-20S4A. Фактически дисплей может быть любым, в т.ч. и цветным, разумных размеров.

Источник питания блока А5, реализован таким образом, чтобы блок А5 мог работать как от 3х, 2х и 1 фазы сети. Для защиты от электромагнитных помех и импульсных перенапряжений применен фильтр ЭМП на дросселях L1A5 – L5A5 и соответствующих конденсаторах. Защита от перенапряжений осуществлена на варисторах RV1A5-RV7A5 и газовом разряднике FV1A5.

Питание силового контактора ЗУ, источника питания насоса и вентиляторов теплообменника реализовано на 3х фазном однополупериодном выпрямителе VD1A5 – VD4A5, C15A5. Необходимость наличия силового контактора в схеме ЗУ, обусловлена безопасностью и необходимостью наличия в конструкции ЗУ кнопки аварийного отключения.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Конструкция силового модуля

См. Приложение А, лист 13, 14.

Основа конструкции коробчатое шасси из стали 1 толщиной не менее 1 мм, так же может быть использована алюминиевая пластина толщиной 10мм. К шасси крепится охладитель 2.

Все печатные платы модуля за исключением блока А4, крепятся непосредственно к охладителю через стойки 9. Все силовые элементы модуля, транзисторы, диоды крепятся к охладителю через изолирующие теплопроводящие подложки из оксида алюминия типа КС304000-ТО247.038А, либо нитрида алюминия КС304000-ТО247.05NX.

Крепление осуществляется на боковые вертикальные поверхности охладителя 2. Такое крепление более технологично при сборке. Так же возможен вариант крепления силовых элементов на горизонтальную поверхность охладителя, в это случае, толщину основания охладителя можно уменьшить на 10мм (См. Приложение А, лист 15). Решение о варианте крепления силовых элементов к охладителю принимается при разработке печатных плат и напрямую зависит от возможной необходимости уменьшения площади силовых контуров на печатных платах.

Между платой блока А4 и остальной частью конструкции устанавливается магнитный экран 7 из стали. Плата блока А4 крепится непосредственно к экрану через стойки. Возможен вариант крепления платы блока А4 на переднюю панель кожуха 19, это упростит центровку дисплея и органов управления расположенных на плате с отверстиями на передней панели кожуха 19, но немного усложнит сборку/разборку силового модуля. Кожух 19 изготавливается из стали, и может быть выполнен как простой гибкой по развертке, так и в виде каркаса из алюминиевых уголков к которому крепятся все панели кожуха. Последний вариант более предпочтителен, т.к. позволяет иметь доступ к любой части силового модуля, не снимая весь кожух целиком, так же является наиболее точным в изготовлении.

Конструкция охладителя

См. Приложение А, лист 15.

На эскизе показан возможный вариант конструкции жидкостного охладителя. Охладитель состоит из двух частей, основания 1, в котором произведена фрезеровка каналов для циркуляции охлаждающей жидкости и крышки 2, обе части выполнены из алюминия. Крышка и основание крепятся друг к другу винтами М3 с потайными головками. Герметизация деталей осуществляется с помощью силиконового герметика. Охладитель должен выдерживать давление ОЖ до 1бар.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Компоновка шкафа ЗУ

См. Приложение А, лист 16, 17.

ЗУ представляет собой шкаф со съемной передней панелью. В шкафу установлены три силовых модуля 4, автоматический выключатель 2, силовой контактор 1. На передней панели шкафа крепится блок управления ЗУ 10 с его панелью управления, кнопка аварийного останова 9. Выходы силовых модулей подключаются к общим шинам постоянного тока 7.

Вариант компоновки шкафа ЗУ со встроенным теплообменником показан См. Приложение А, лист 19, 20. На передней панели крепится теплообменник с вентиляторами 16, циркуляционный насос (помпа) 17 и источник питания для вентиляторов и насоса 15. Источник питания получает питание с блока А5.

Возможный внешний вид и компоновка зарядной станции показан См. Приложение А, лист 18. В тумбе 7 устанавливается теплообменник 3, циркуляционный насос (помпа) 2, источник питания 8. Во всех случаях, все оборудование системы охлаждения, по возможности, размещено ниже электронной части ЗУ из соображений исключения залива ОЖ в случае протечек.

Система жидкостного охлаждения

Возможный вариант системы жидкостного охлаждения на базе компьютерных комплектующих показан См. Приложение А, лист 21.

Общие расчетные тепловые потери на всех силовых активных элементах одного силового модуля 286Вт. Суммарные потери на три силовых модулях 858Вт.

Итого, необходима система охлаждения способная отводить не менее 1кВт тепла при окружающей температуре +40 с допустимым максимальным перегревом охладителей силовых модулей 50 градусов.

Система состоит из двух радиаторов – 1, типа Barrowch FBCFR-360P, помпы – 4, типа Barrow SPB17-T PLUS и резервуара – 5, типа Barrow YPH65-300 V2. На каждый радиатор устанавливается по три вентилятора JF1238B1SR. Производительность системы общая, около 15 л/мин, на один силовой модуль 5 л/мин. Эффективность системы охлаждения на данном этапе оценить сложно, это зависит от многих факторов, в первую очередь от качества изготовления охладителей, сопротивления протеканию жидкости, эффективности радиаторов. Требуется экспериментальная проверка. Возможно применение отдельных помп на каждый силовой модуль.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Питание вентиляторов теплообменника и помпы осуществляется от отдельного источника питания 7. В свою очередь, он получает питание с платы блока А5 и продолжает работать даже при пропадании двух фаз сети.

Тип охлаждающей жидкости в системе – пропиленгликоль.

Т.к. конкретные габаритные размеры ЗУ по условию задачи указаны не были, то принудительное воздушное охлаждение силовых модулей и развитые радиаторы были бы предпочтительней. Такое решение, в конечном итоге, будет намного проще и дешевле.

Детали

Все основные стандартные покупные элементы указаны на схемах и эскизах, приведенных в Приложении А. Отдельного перечня элементов не привожу, т.к. на этапе эскизного проекта это не имеет особого смысла и может быть выполнено только при полной проработке, трассировке печатного узла каждого блока отдельно. Кроме того, основные силовые точечные изделия имеющие наибольшую стоимость, дроссели ККМ блока А2, силовой трансформатор, выходной дроссель блока А3, являются заказными и по ним требуется отдельная разработка и конструкторская документация, что выходит за рамки эскизного проекта.

Выше описан вариант построения ЗУ на “рассыпухе”, в конечном итоге при массовом производстве такое решение, как правило, дешевле, однако для ускорения разработки готового изделия, повышения надежности, возможно применение готовых транзисторных модулей, диодных модулей, драйверов управления силовыми ключами высокой степени интеграции в т.ч. и отечественного производства.

Альтернативный вариант построения ЗУ

В заключении не могу не рассказать о возможном альтернативном варианте построения ЗУ. Так сказать, по принципу “старой школы”. ЗУ построенное по такому принципу обладает некоторыми существенными преимуществами:

1. Значительно более простая конструкция
2. Высокая надежность
3. Скорость реализации и выведение в серийное производство

Недостатки:

1. Более низкий PF относительно ЗУ с активным ККМ, около 0,7 – 0,9
2. Значительный вес, обусловленный необходимостью гальванической развязки и следствия применения силовых трансформаторов на 50 Гц.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

3. Большие габариты из-за силовых трансформаторов.

Однако, последние два пункта при стационарном исполнении ЗУ не имеют особого значения.

Технические характеристики

| | |
|---|-----------|
| Схема питания | 3Ф+N |
| Диапазон фазного напряжения питания, В | 176-264 |
| Максимальный потребляемый ток на фазу, А | 54 |
| Коэффициент мощности PF | 0,7-0,9 |
| Стойкость к импульсам высокой энергии L-N, LN-PE, кВ | 2, 4 |
| Возможность работы от двух и одной фазы со снижением мощности | да |
| КПД | 0,94-0,95 |
| Максимальная мощность в нагрузке, кВт | 22 |
| Максимальный выходной ток, А | 60 |
| Диапазон выходного напряжения, В | 50 - 430 |
| Максимальное выходное напряжение на холостом ходу, В | 560 |
| Интерфейс управления | RS485 |
| Наличие гальванической развязки от сети | да |

Структурная схема зарядной установки

Структурная схема зарядной установки см. Лист 1. Приложение Б.

ЗУ состоит из автоматического выключателя SF, контактора КМ, кнопки аварийного останова SB, силового трансформатора TV, блока тиристорного выпрямителя А1, блока управления выпрямителем А2 и блока управления ЗУ – А3.

Трансформатор TV обеспечивает гальваническую развязку ЗУ от сети, а также совместно с конденсаторами С1, С2, С3 образует простейший фильтр ЭМП. Дроссель L, снижает уровень пульсаций тока во время работы выпрямителя, а также предотвращает высокую скорость нарастания тока di/dt опасную для тириستоров блока А1, в случае короткого замыкания.

Управление ЗУ осуществляется по внешнему интерфейсу RS485 блока А3 или с его панели управления. Блок А3 схемотехнически полностью идентичен блоку А5, См. Приложение А, лист 11, 12.

Управление блоком А2 осуществляется по внутреннему изолированному интерфейсу RS485.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

1. Блок А1 - тиристорный выпрямитель

См. Лист 2. Приложение Б.

Выпрямитель состоит из трех диодно - тиристорных модулей SKKH106/12E. Разделительный диод VD1 SKKH106/12E, используется только диод в модуле. В остальном выпрямитель построен по классической схеме и каких-либо особенностей не имеет. Тиристоры и диод крепятся непосредственно к охладителю аналогичной конструкции См. Приложение А, лист 21 на его горизонтальную поверхность.

2. Блок А2 - блок управления выпрямителем

См. Лист 3, 4, 5, 6. Приложение Б.

Блок управления выпрямителем построен на микроконтроллере PIC24F16KA102-I/SO. Гальванически развязанный интерфейс RS485 выполнен на микросхеме DD3 - ADM485AR и цифровом изоляторе DD2 - ADUM1301. Изолированное питание интерфейса реализовано на одноваттном DC/DC преобразователе типа P6AU-1205ELF.

На оптронах U1-U3 и компараторах DA1, DA3, DA4 выполнен узел синхронизации с питающей сетью. На ОУ DA2A – выполнен усилитель напряжения с шунта, при необходимости полной гальванической развязки блока А2 от силовой схемы, шунт может быть заменен на компенсационный датчик тока типа CSLA1CF. На ОУ DA2B и резисторах R33-R36, R41 реализован датчик выходного напряжения 3У.

Управление тиристорами выполнено на импульсных трансформаторах Т1-Т3 и транзисторах VT1-VT3.

Блок питания получает питание сразу от всех трех фаз относительно нейтрали силового трансформатора, сам блок питания G2 стандартный, типа AMEL20-12.

Конструктивно плата блока А2 крепится непосредственно на охладитель над тиристорными модулями, либо рядом с ними с помощью латунных стоек.

Конструкция 3У

Возможный вариант конструкции 3У показан См. Лист 7. Приложение Б. Корпус 3У состоит из двух отсеков, 1 – отсек выпрямителя, где устанавливается вся электронная часть 3У, выпрямитель, силовой контактор, выходной дроссель. На скошенной передней панели устанавливается блок АЗ.

В отсеке 2 размещается силовой трансформатор 3У. За решеткой 7 устанавливаются теплообменники с вентиляторами системы жидкостного охлаждения, либо вентиляторы при воздушном охлаждении.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|

| | | |
|--------------|---|----------|
| Кобылин Е.В. | | Страница |
| | Зарядная установка мощностью 22 кВт для LiOn/LiNMC аккумуляторов | |

Схемотехнически ЗУ можно еще упростить, используя диодно-тиристорный модуль большей интеграции, например, модуль трехфазного регулируемого выпрямителя типа МО30 от ЗАО “Электрум АВ”. В этом случае можно полностью отказаться от блока А2.

| | |
|--------------|-----------------|
| Изменение №1 | Дата 22.12.2021 |
|--------------|-----------------|