

Авторы:

Михалкин Г.И.,

Плахин В.В.,

Фурашова Л.П.,

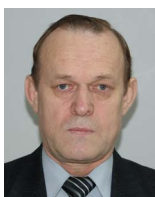
ООО НПП «ЭКРА»,

г. Чебоксары, Россия.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В ШКАФАХ РЗА СЕРИЙ ШЭ2607 И ШЭ2710

Аннотация: в статье описана история разработки конструктивов микропроцессорных шкафов РЗА серий ШЭ2607, ШЭ2710 производства ООО НПП «ЭКРА». Показаны важность унификации решений по оболочкам, отдельным узлам и деталям металлоконструкций, способов заземления всех элементов в составе шкафа, качества и надежности комплектующих изделий.

Ключевые слова: микропроцессорные шкафы РЗА серий ШЭ2607, ШЭ2710, шкаф ШМЭ, металлоконструкция, заземление в шкафах, шкаф наружной установки ШНУ, комплектация шкафов, гибридные клеммы Push-In, испытательные блоки FAME, автоматизация и проектирование (САПР) Eplan.



**Михалкин
Геннадий Иванович**

Дата рождения: 25.12.1949 г.

В 1977 г. окончил ЧГУ им. И.Н. Ульянова, кафедра «Электрические аппараты».

Ведущий конструктор ООО НПП «ЭКРА».



**Плахин
Виктор Вячеславович**

Дата рождения: 25.09.1976 г.

В 1998 г. окончил ЧГУ им. И.Н. Ульянова, кафедра «Электрические и электронные аппараты».

Главный конструктор ООО НПП «ЭКРА».

Внешний эстетичный вид шкафа релейной защиты и автоматики (РЗА) – это, прежде всего, визитная карточка фирмы. Разработчики устройств РЗА ООО НПП «ЭКРА» всегда понимали, что продукция предприятия по своим параметрам и дизайну должна быть на уровне лучших российских и европейских производителей.

Металлоконструкция шкафов РЗА

В соответствии с современными требованиями [1-4] шкафы РЗА в стандартном исполнении представляют собой металлоконструкцию (МК) с размещенной на ней аппаратурой и предназначены для двухстороннего обслуживания. На передней двери расположены аппараты оперативного управления и сигнальные элементы. Микропроцессорные терминалы РЗА установлены на монтажной плите за передней дверью. Для контроля состояния сигнальных элементов терминалов на передней двери шкафов предусмотрено смотровое окно. С задней стороны шкафов расположены ряды зажимов для подключения внешних кабелей, доступ к которым возможен при открытой задней двери. Ряды зажимов выполнены индивидуально для каждого комплекта защит и располагаются на левой или правой боковинах. Конструктивное выполнение шкафов РЗА соответствует в необходимом объеме требованиям нормативно-технической документации по электробезопасности, электромагнитной совместимости (ЭМС), температурного режима внутри шкафов, удобства эксплуатации [2,5,6].

Выбор МК – один из важных вопросов. При этом учитывается ряд критериев: надежность, дизайн, качество изготовления, удобство наладки, испытаний и оперативного обслуживания, стабильность поставок и др. Металлоконструкции шкафов РЗА должны изготавливаться только из материалов, способных выдерживать воздействие внешних факторов (механических, климатических), электрические и тепловые нагрузки.

Необходимо обеспечить защиту от коррозии в условиях эксплуатации применением соответствующих материалов и нанесением антикоррозийных покрытий. Оболочки МК или ее части, включая запорные устройства, съемные детали и т.д. должны иметь достаточную механическую прочность и выдерживать нагрузки, которым они могут подвергаться как в нормальных, так и в экстремальных условиях эксплуатации.

История производства шкафов микропроцессорных устройств РЗА серий ШЭ2607 и ШЭ2710 для подстанционного оборудования на предприятии началась в 1999 г. Наименования серий шкафов выбраны в соответствии с действующим в то время стандартом на структуру типа НКУ [7]. Первые шкафы ШЭ2607 изготавливались в конструктиве производства ЗАО «ЧЭАЗ» (рис. 1), предназначенного для размещения



Рис. 1. Первые шкафы серии ШЭ2607 на ПС Киндери-500



**Фурашова
Любовь Порфирьевна**

Дата рождения: 06.07.1957 г.
В 1979 г. окончила ЧГУ
им. И.Н. Ульянова, кафедра
«Электрические аппараты».
Ведущий инженер-конструк-
тор отдела разработки под-
станционного оборудования
ООО НПП «ЭКРА».

микроэлектронных защит и соответствующих действующим в то время требованиям [8]. Особенности работы микропроцессорных устройств защиты учитывались только на основании опыта эксплуатации отдельных устройств и шкафов аварийных цифровых осциллографов серии ШЭ1114.

В 2000 г. в результате совместной работы ООО НПП «ЭКРА» с АО «ПО Элтехника» (г. Санкт-Петербург) за базовый конструктив была принята МК ШУ-2, изготавливаемая на данном предприятии. Инструментом для разработки конструкторской документации (КД) шкафов являлась САД-система КОМПАС-3D (система трехмерного моделирования). По разработанным ООО НПП «ЭКРА» типовым электрическим принципиальным схемам и комплект КД на АО «ПО Элтехника» осуществлялись сборка и монтаж, а наладка и выпуск шкафов серий ШЭ2607 выполнялись силами специалистов ООО НПП «ЭКРА».

Такой порядок работы был оправдан при выпуске шкафов только на базе типовых проектов. В реальности количество типовых шкафов составляло лишь незначительную часть от объема выпуска. Сроки изготовления нетиповых шкафов в АО «ПО Элтехника» превышали требуемые, поэтому в 2004 г. было принято решение о переводе изготовления МК шкафов на производственные площади ОАО «Контакт» (г. Йошкар-Ола), а внутренний монтаж шкафа осуществлять своими силами.

За небольшой период первых поставок на предприятии была создана основа конструкторско-технологической базы. Стремительный рост выпуска шкафов серий ШЭ2607, ШЭ2710 требовал серьезной работы по унификации и стандартизации (с 2000 г. количество выпускаемых шкафов увеличилось более чем в 140 раз). Типизация габаритных размеров шкафов, разделение объема шкафа на отдельные зоны, унификация мест для установки однотипных групп электрических аппаратов с учетом требований удобства монтажа, наладки и оперативного обслуживания позволили создать библиотеку конструктивных решений на базе конструктива ШУ-2. Благодаря этому обеспечивалась возможность быстрой компоновки шкафа и разработки комплекта документации для изготовления оборудования с последующей их сборкой и монтажом с учетом требований заказчика.

В унифицированном конструктиве ШУ-2 были разработаны основные конструктивные решения по шкафам защит. Образцы шкафов

прошли весь объем необходимых испытаний и получили разрешение для применения на объектах РАО «ЕЭС России». По требованию заказчика небольшая часть шкафов изготавливалась и изготавливается с использованием конструктивов иностранных производителей: TS8 фирмы Rittal, Legrand, Siemens и др.

Учитывая необходимость дальнейшего сокращения сроков изготовления шкафов защит и соответствия их качества повышенным требованиям заказчиков, в 2008 г. было принято решение о создании в ООО НПП «ЭКРА» собственного механообрабатывающего производства (МП), которое уже в 2009 г. выпустило опытные партии МК шкафов, а в начале 2010 г. приступило к их серийному выпуску. МП было оснащено современным листообрабатывающим оборудованием ведущих мировых компаний: координатно-револьверные и листогибочные прессы фирм Amada (Япония), Bystronic (Швейцария), установка лазерного раскроя фирмы Bystronic, токарные и фрезерные станки с ЧПУ фирмы HAAS (США) и др. Запущены высокопроизводительные автоматические линии гальванического цинкования деталей и конвейерные линии порошковой окраски, роботизированные установки для нанесения полиуретановых смесей.

Применение разных конструктивов (ШУ-2 и TS8) имело существенный недостаток: не было унификации по элементам внутренней компоновки (днище, заготовки дверей, детали для установки терминала). Возникла необходимость разработки нового собственного конструктива, совместимого с конструктивом TS8 фирмы Rittal.

Результатом разработки (на базе запатентованного профиля фирмы «Welsper profile», Австрия) стал альбом КД на систему шкафов ШМЭ, который содержит комплекты узлов и деталей для МК по типоразмерам шкафов, схемы сборки, способы заземления, комплекты деталей для соединения шкафов и дополнительный комплект деталей для сейсмоопасных зон. Альбом стал важным этапом унификации. Вторым уровнем унификации стало создание заготовок плит, дверей, элементов днища. Третьим – создание унифицированного ряда смотровых окон, уровней и зон для размещения аппаратов. Создание альбома унифицированных узлов и деталей позволило сэкономить время на проектировании и производстве шкафов, обеспечило удобство сборки и монтажа, что важно для серийного выпуска изделий.

Варианты исполнений

Система шкафов ШМЭ и Т58 является базовым конструктивом практически для всех устройств НКУ, выпускаемых ООО НПП «ЭКРА». В настоящее время имеется два варианта МК шкафа ШМЭ: стандартная и усиленная (для сейсмоопасных зон). Стандартный



а)



б)

Рис. 2. Испытания стандартного (а) и усиленного (б) шкафов ШМЭ на сейсмостойкость



Рис. 3. Варианты исполнений внешнего вида шкафов ШМЭ

вариант МК шкафа габаритами 2000x800x600 и весом с аппаратурой до 250 кг испытан (рис. 2, а) при воздействиях, соответствующих группе механического исполнения М40 по ГОСТ 17516.1 (9 баллов по шкале MSK-64 на отметке до 10 м). Усиленный вариант шкафа весом до 450 кг (рис. 2, б) соответствует уже группе М7, что позволяет устанавливать его на отметке до 30 м в сейсмоопасных районах и на АЭС, где величины воздействия могут достигать 9 баллов.

С учетом требований различных отраслей энергетики могут изготавливаться шкафы ШМЭ:

- шириной 600 мм с одинарным (100 мм) и двойным (200 мм) цоколем, обзорными окнами разных размеров, с отдельным местом под установку приемопередатчика (рис. 3);
- шириной 1200 (1600) мм с объединенными каркасами (рис. 4, а);
- шкафы одностороннего обслуживания с поворотной рамой (рис. 4, б);
- со сплошной обзорной передней дверью (рис. 4, б);
- с мнемосхемой на передней двери шкафа для подстанций без щита управления (рис. 5);
- шириной не более 600 (800) мм, что дает возможность заменять панели типа ПН800/550 электромеханических устройств РЗА;
- с подводом внешних присоединений сверху или снизу;
- тропического исполнения;
- исполнения наружной установки.

Шкафы РЗА наружной установки всепогодного исполнения требуются для подстанций распределительных сетей, на которых они устанавливаются в непосредственной близости от защищаемых объектов. В специальном конструктиве ШНУ предусмотрен базовый корпус шкафа с цоколем, изготовленный из оцинкованного листа с последующим нанесением атмосферостойкого порошкового покрытия, с дождевой крышей и двойными стенками на двери, боковыми и задними частями (1250x800x600 мм), которые обеспечивают оптимальную защиту (IP55) установленного внутри



а)



б)

Рис. 4. Шкафы ШМЭ с объединенными каркасами (а) и одностороннего обслуживания (б)



Рис. 5. Ряд шкафов ШМЭ с мнемосхемой подстанции

оборудования РЗА (рис. 6, а). Между двойными стенками, крышей корпуса и дождевой крышей образуется приток более холодного воздуха (рис. 6, б), что обеспечивает естественную вентиляцию (охлаждение) внешней поверхности корпуса, уменьшая воздействие солнечного излучения. Для обеспечения необходимого микроклимата в шкафу предусмотрен антиконденсатный и низкотемпературный подогрев. Конструкция корпуса полностью закрывает дверные шарниры, тем самым защищает оборудование от несанкционированного доступа. Встроенный цоколь с фланш-панелями для ввода кабелей обеспечивает установку шкафа на подготовленный фундамент. Внутри корпуса на стенках имеется перфорация, идентичная конструктивам ШМЭ и ТS8 и позволяющая установку комплектующих этих шкафов.

Для размещения большего количества комплектов защит и электрических аппаратов, обеспечения не-

обходимого теплового режима для микропроцессорной техники устройств РЗА предусмотрена возможность увеличения внутришкафного пространства за счет соединения в линейку до 3-х корпусов шириной 600 (800) мм, стыкуемых между собой посредством фланцевого соединителя, с единым цоколем и дождевой крышей (рис. 7 а, б).

Заземление в шкафах

Заземление в шкафах с электронным оборудованием является одним из самых сложных вопросов проектирования и должно обеспечивать гальваническое соединение электрических компонентов и элементов конструкции шкафа с контуром заземления подстанции. Параметры цепи заземления для обеспечения безопасности персонала должны соответствовать нормам защитного заземления [5]. Для шкафов с микропроцессорным оборудованием должна быть также построена система функционального заземления

и заземления для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) путем создания эквипотенциальной плоскости, к которой подсоединяются корпуса устройств, отдельные крепежные и конструктивные элементы [9, 10].

В шкафах конструктива ШМЭ таковой эквипотенциальной плоскостью является монтажная плата из оцинкованной стали, на которой размещаются электрические аппараты (рис. 8, а). На нижней части платы находится главный зажим заземления шкафа, укомплектованный внешним защитным проводником для подключения к контуру заземления подстанции (рис. 8, б). При этом ЭМС-заземление используется также в качестве защитного заземления [11-13].

Конструктивные элементы шкафа (каркас, монтажные шасси, монтажная плата с полкой под терминалами защит, передние и задние двери, боковые стенки, крыша и днище, устройства крепления и заземления экранов внешних контрольных кабелей) имеют



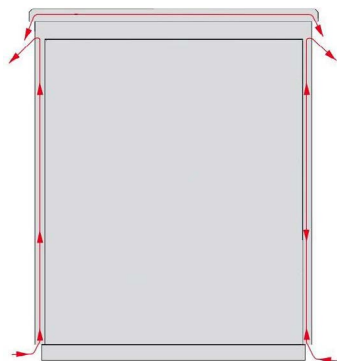
а)



а)



а)



б)



б)



б)

Рис. 6. Шкафы ШНЭ наружной установки (а) с естественной вентиляцией (б)

Рис. 7. Соединение в линейку корпусов шкафов ШНУ

Рис. 8. Эквипотенциальная плоскость (а) и внешний заземляющий проводник (б) шкафа

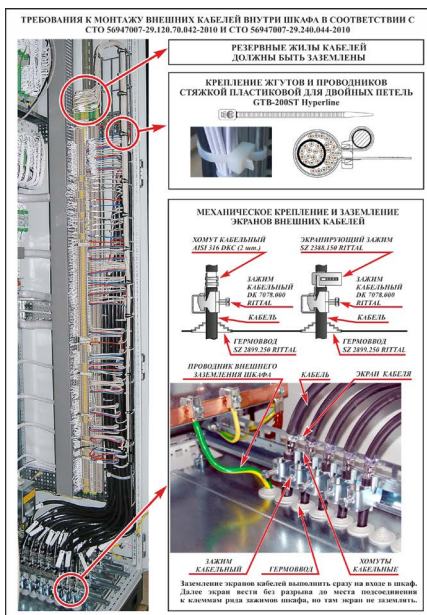


Рис. 9. Требования к монтажу внешних кабелей

между собой хороший электрический контакт посредством резьбового соединения и оцинкованного покрытия. Обладая большими площадью контакта и сечением, они образуют разветвленную низкоомную цепь заземления. Все выше перечисленные элементы ЭМС-заземления обеспечивают надежное электрическое соединение в течение всего срока службы шкафа.

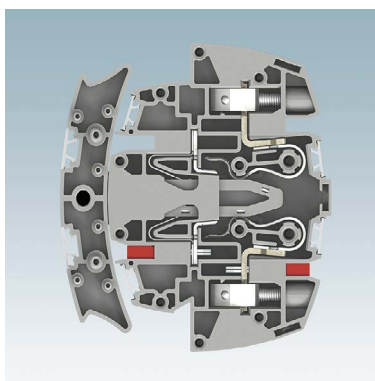
С учетом рекомендаций по монтажу внешних контрольных кабелей [6] для шкафов производства ООО НПП «ЭКРА» разработана наглядная инструкция для монтажно-наладочных организаций, которой комплектуется каждый поставляемый шкаф (рис. 9).

Комплектация шкафов

С учетом уровня ответственности устройств РЗА особое внимание уделяется всем комплектующим изделиям, применяемым в шкафах.

В тесном сотрудничестве с компанией PHOENIX CONTACT модифицирован испытательный блок FAME, в конструкцию которого введены дополнительные контактные пружины (рис. 10, а) с целью обеспечения надежности в токовых цепях. Осуществляется дальнейшая модернизация базового блока:

- вводятся дополнительные сигнальные контакты для повышения функциональности;
- вводится исполнение с зажимами Push-In (рис. 10, б) вместо винтового соединения для уменьшения зоны монтажа и размещения большего количества блоков;
- уменьшаются габариты кон-



а)



б)



в)

Рис. 10. Испытательный блок FAME с дополнительными контактами (а), контактами Push-in (б) и контрольной крышкой уменьшенного габарита (в)

трольной крышки (рис. 10, в) для обеспечения лучшего доступа в шкафах поворотной рамой.

По предложению конструкторов ООО НПП «ЭКРА» компанией PHOENIX CONTACT разработаны:

- гибридные клеммы RTU 6-T-P (рис. 11, а) и RTU 4-MT-P (рис. 11, б), в которых со стороны внутреннего монтажа шкафа расположены зажимы Push-in;
- модифицированные измерительные клеммы RTU 6-T-P с ползунковым размыкателем;
- модифицированные соединительные клеммы RTU 4-MT-P с ножевым размыкателем.

Гибридные клеммы позволяют использовать одно из важнейших преимуществ технологии Push-In – экономия времени при монтаже, надежность контакта (герметичный и виброустойчивый), а также отсутствие необходимости профилактического обслуживания подсоединений проводов. Со стороны внешнего монтажа клемм сохранено винтовое соединение, что удовлетворяет требованиям заказчика в части безопасности и удобства обслуживания рядов зажимов шкафа.



а)



б)

Рис. 11. Клеммы RTU 6-T-P (а) и RTU 4-T-P (б)



Рис. 12. Установка LED-светильника в шкафу

В модифицированных измерительных и соединительных клеммах предусмотрена возможность установки щупов тестера диаметром 4 мм и подключения проводника 4 мм², что важно при использовании испытательного оборудования (OMICRON, PETOM, модели выключателя и др.) для проведения приемо-сдаточных и пусконаладочных испытаний шкафов РЗА.

По просьбам заказчиков проведения разработка и освоение собственного производства LED-светильника для освещения в шкафах взамен морально устаревших с лампой накаливания. Блок питания нового светильника размещен в корпусе, который снабжен концевым выключателем. LED-светильник устанавливается под крышкой шкафа на пружинных защелках (рис. 12) и может быть запитан от цепей оперативного постоянного тока 220 В DC (мощность потребления не более 5 Вт).

В рамках программы импортозамещения с участием специалистов ООО НПП «ЭКРА» разработаны отечественные переключатели типа Elkey (г. Казань), по характеристикам не уступающие лучшим импортным образцам (LOVATO, SEZ, APATOR). При этом размеры и конструкция переключателей Elkey позволяют установить большее количество переключателей на единицу поверхности без усложнения операций их монтажа.

Автоматизация проектирования

С 2015 года в ООО НПП «ЭКРА» внедрена электротехническая система автоматизированного проектирования (САПР) Eplan [14]. Трехмерная модель шкафа и сборочные чертежи МК создаются стандартными средствами Eplan (рис. 13), что позволило оптими-

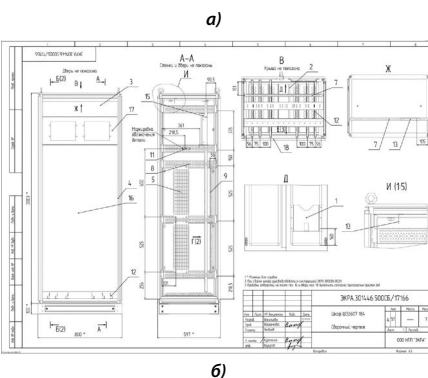
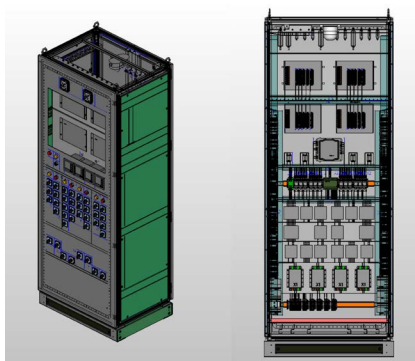


Рис. 13. Трехмерная модель шкафа (а) и образец сборочных чертежей МК (б) в САПР Eplan

зировать процесс проектирования, увеличить производительность, усовершенствовать технологический процесс производства выпускаемой продукции и повысить ее качество.

Выводы

1. Оптимальный конструктив оболочек шкафов РЗА, узлов и деталей внутреннего монтажа, а также внутренняя компоновка микропроцессорных терминалов должны осуществлять защиту от воздействия окружающей среды, ограничивать несанкционированный доступ к устройствам, соответствовать требованиям эргономики, эстетики и унификации конструктивных решений, создавать удобную систему использования внутреннего объема и обслуживаемых частей шкафа.
2. Унификация корпусов шкафов РЗА, отдельных сборочных единиц и деталей значительно удешевляет процесс производства и облегчает освоение выпуска новых изделий, сокращая объем подготовки производства.

3. Для микропроцессорных шкафов РЗА особое внимание должно быть уделено вопросам заземления для обеспечения электромагнитной совместимости.

4. Применяемые в шкафах РЗА комплектующие изделия (испытательные блоки, клеммы, переключатели, осветительные приборы, элементы сигнализации и др.) должны обеспечивать их функциональность, надежность, удобство изготовления и эксплуатации.

5. Автоматизация процесса разработки конструкторской документации для производства шкафов РЗА является существенным фактором увеличения производительности, совершенствования технологического процесса производства и повышения качества конечной продукции.

Литература:

1. СТБ МЭК 60439-1-2007 Низковольтные комплектные устройства распределения и управления. Часть 1. Устройства, подвергаемые испытаниям типа полностью или частично.
2. СТО 56947007-29.120.70.042-2010 Требования к шкафам управления и РЗА с микропроцессорными устройствами.
3. ОТТ-29.020.00-КТН-009-15 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики подстанций 35-220 кВ и распределительных устройств 6(10) кВ. Общие технические требования».
4. РД ЭО 1.1.2.28.0807-2011 Устройства релейной защиты и электроавтоматики атомных электростанций. Общие технические требования.
5. Правила устройств электроустановок. ПУЭ. Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 г. № 204.
6. СТО 56947007-29.120.70.044-2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства.
7. ОСТ16 0.800.876-81 Устройства комплектные низковольтные. Система условных обозначений.
8. ГОСТ 22789-94 (МЭК 439-1-85) Устройства комплектные низковольтные. Общие технические требования и методы испытаний.
9. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2003 г.
10. Уильямс Т., Армстронг К., ЭМС для систем и установок – М.: Издательский дом «Технологии», 2004 г.
11. Ильин В.Ф., Сетойкин В.Ф., Сарылов В.Н., Сарылов О.В. Электромагнитная совместимость шкафов защит серии ШЭ2607 и ШЭ2710//Релейная защита и автоматика энергосистем: Сборник докладов XX конференции. – М. – 2010. – С. 358-362.
12. Ильин В.Ф., Сетойкин В.Ф. Испытание микропроцессорных устройств РЗА на соответствие требованиям ЭМС. Сборник тезисов и докладов РЭЛАВЭКСПО-2012. – Чебоксары. – 2012. – С. 62 - 64.
13. Ильин В.Ф., Ильин Н.В. Заземление в шкафах микропроцессорных защит//Релейная защита и автоматизация. – 2013. – №1 (10). – С. 26-30.
14. Шоглев Д.Г., Фурашова О.В. Опыт внедрения САПР Eplan в производство шкафов РЗА серий ШЭ2607 и ШЭ2710. //Релейная защита и автоматизация. – 2016. – №2(23). – С. 41-46.