

**ЮШКОВ И. С., ОБМАНКИН Н. Н., МАЛЫЙКИН А. В.**  
**ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА**  
**НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема возникновения аварий из-за гололеда на воздушных линиях электропередач и методы борьбы с ней. В качестве одного из способов борьбы с данной проблемой выбран неуправляемый выпрямитель, предназначенный для плавки гололеда на линиях электропередач с постоянным током.

**Ключевые слова:** гололед, линия электропередач, неуправляемый выпрямитель, короткое замыкание, постоянный ток.

**YUSHKOV I. S., OBMANKIN N. N., MALYIKIN A. V.**

**STRAIGHT RECTIFIER FOR ICE-MELTING OF TRANSMISSION LINES**

**Abstract.** The article considers the problem of damages done by glaze on overhead transmission lines and methods of clearing it. Particularly, the authors focus on the use of straight rectifier for direct current ice-melting of overhead transmission lines.

**Keywords:** glaze, transmission line, straight rectifier, short-circuit failure, direct current.

Возникшие в настоящее время рыночные отношения между производителями и потребителями электроэнергии требуют качественного и бесперебойного электроснабжения. К сожалению, электроэнергетическое оборудование, которое используется сегодня в России, в значительной степени физически и морально устарело. Высоковольтные линии электропередачи, охватывающие огромные территории, являются наименее надежными элементами современной энергосистемы.

Основная часть повреждений воздушных линий – это короткие замыкания и обрывы проводов из-за атмосферных воздействий. При этом определение места повреждения и восстановление поврежденных участков линий электропередачи являются сложными, длительными и дорогостоящими технологическими операциями.

В этой ситуации вопросы плавки гололеда становятся весьма актуальными. Под тяжестью гололедных масс могут произойти обрывы проводов и поломки опор линий электропередачи. Кроме того, при появлении гололедных отложений на проводах ухудшается высокочастотная связь по электролиниям, которая используется для передачи сигналов релейной защиты и противоаварийной автоматики, а также технологической информации.

Гололедные аварии на воздушных линиях являются одними из самых тяжелых и трудноустраняемых из-за зимнего бездорожья, мерзлого грунта и разбросанности по линии

одновременно пораженных участков. Гололедные аварии на высоковольтных линиях, как правило, имеют массовый характер и приносят большой экономический ущерб. Раннее обнаружение гололеда на проводах электролиний и своевременное его устранение путем плавки являются насущными задачами энергоснабжающих организаций.

Гололед, то есть плотная ледяная корка, образуется при намерзании переохлажденных капель дождя, мороси или тумана при температуре от 0 до  $-5^{\circ}\text{C}$  на поверхности земли и различных предметов, в том числе проводах высоковольтных линий электропередач. Толщина гололеда на них может достигать 60–70 мм, существенно утяжеляя провода. Например, провод марки АС-185/43 диаметром 19,6 мм километровой длины имеет массу 846 кг; при толщине гололеда 20 мм она увеличивается в 3,7 раза, при толщине 40 мм – в 9 раз, при толщине 60 мм – в 17 раз. При этом общая масса линии электропередачи из восьми проводов километровой длины возрастает соответственно до 25, 60 и 115 тонн, что приводит к обрыву проводов и поломке металлических опор. Гололед обуславливает дополнительные механические нагрузки на все элементы высоковольтной линии. При значительных гололедных отложениях возможны обрывы проводов, тросов, разрушения арматуры, изоляторов и даже опор высоковольтных линий.

Существует достаточно большое количество схем плавки гололеда, определяемых схемой электрической сети, нагрузкой потребителей, возможностью отключения линий и другими факторами. Основным методом борьбы с гололедом при эксплуатации протяженных ВЛ является его плавка за счет нагревания проводов протекающим по ним током.

Выбор метода и схемы плавки гололеда должен определяться режимом и условиями работы данной ВЛ (схемой сети, потребляемой мощностью электроустановками потребителей, зоной гололедообразования, возможностью отключения ВЛ и т. п.).

Плавка гололеда может производиться как с отключением ВЛ на время плавки, так и без отключения.

Плавка с отключением ВЛ производится:

- токами короткого замыкания, искусственно создаваемого в сети;
- встречным включением фаз трансформаторов;
- комбинированным использованием указанных выше способов;
- постоянным током от отдельного источника.

Плавка без отключения ВЛ производится:

- увеличением токов нагрузки ВЛ путем изменения схемы коммутации сети;
- пофазной плавкой при работе ВЛ по схеме «два провода – земля».

В качестве борьбы с проблемой гололеда был выбран неуправляемый выпрямитель, предназначенный для плавки льда на проводах и тросах воздушных линий электропередачи постоянным током. Входное напряжение неуправляемого выпрямителя – 10 кВ, выходное напряжение – 14 кВ, выходной ток – 1200 А, частота питающей сети – 50 Гц.

Выпрямитель состоит из силового блока, воздухопровода, подставки, электровентилятора, коллектора и шкафа управления.

Силовая часть выпрямителя представляет собой сборно-разборную конструкцию из трех шкафов ШД-1, ШД-2, ШД-3. В каждом шкафу размещены два диодных высоковольтных плеча одной фазы мостового выпрямителя. Шкафы диодные предназначены для размещения диодных блоков с охладителями, панелей с резисторами и конденсаторами, клеммного блока, указательных реле и силового монтажа. Конструктивно ШД выполнен в виде металлического шкафа с дверью. Двери шкафов имеют блокировки, исключающие случайное проникновение внутрь шкафа, находящегося под напряжением. Дверную блокировку обеспечивают путевые выключатели. Шкафы диодные снабжены также замками со специальными ключами. В нижней части шкафа справа расположен клеммный блок, над ним размещены блоки диодов с охладителями. Для подключения шкафов к питающей сети и к нагрузке на крыше шкафов имеются проходные изоляторы. Для безопасного обслуживания выпрямителя на нижней части шкафов предусмотрены болты заземления. Для транспортирования на крыше шкафов имеется 4 отверстия.

Диодные шкафы выполнены в брызгозащищенном исполнении для наружной установки. Коррозионная стойкость шкафов обеспечивается защитными лакокрасочными покрытиями. Шкаф управления предназначен для размещения релейных защит, пускорегулирующей аппаратуры, сигнализации, измерительных приборов и других элементов схемы управления. На двери шкафа управления размещены измерительные приборы, световая сигнализация, таблички, ключ управления масляным выключателем и другие элементы управления. Внутри шкафа расположена остальная часть элементов управления, защиты, сигнализации, а также клеммные блоки внешнего присоединения. В нижней части шкафа управления имеется болт заземления.

Воздухопровод и вентилятор с коллектором совместно с каналами охлаждения блоков диодов образуют разомкнутую систему охлаждения выпрямителя с подачей охлажденного воздуха снизу вверх. Воздухопровод представляет собой металлический короб, конструкция которого обеспечивает равномерное распределение потока воздуха по каналам охлаждения силового блока. Выпрямитель является статическим преобразователем трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в постоянный и выполнен по трехфазной мостовой схеме выпрямления (см. рис. 1).

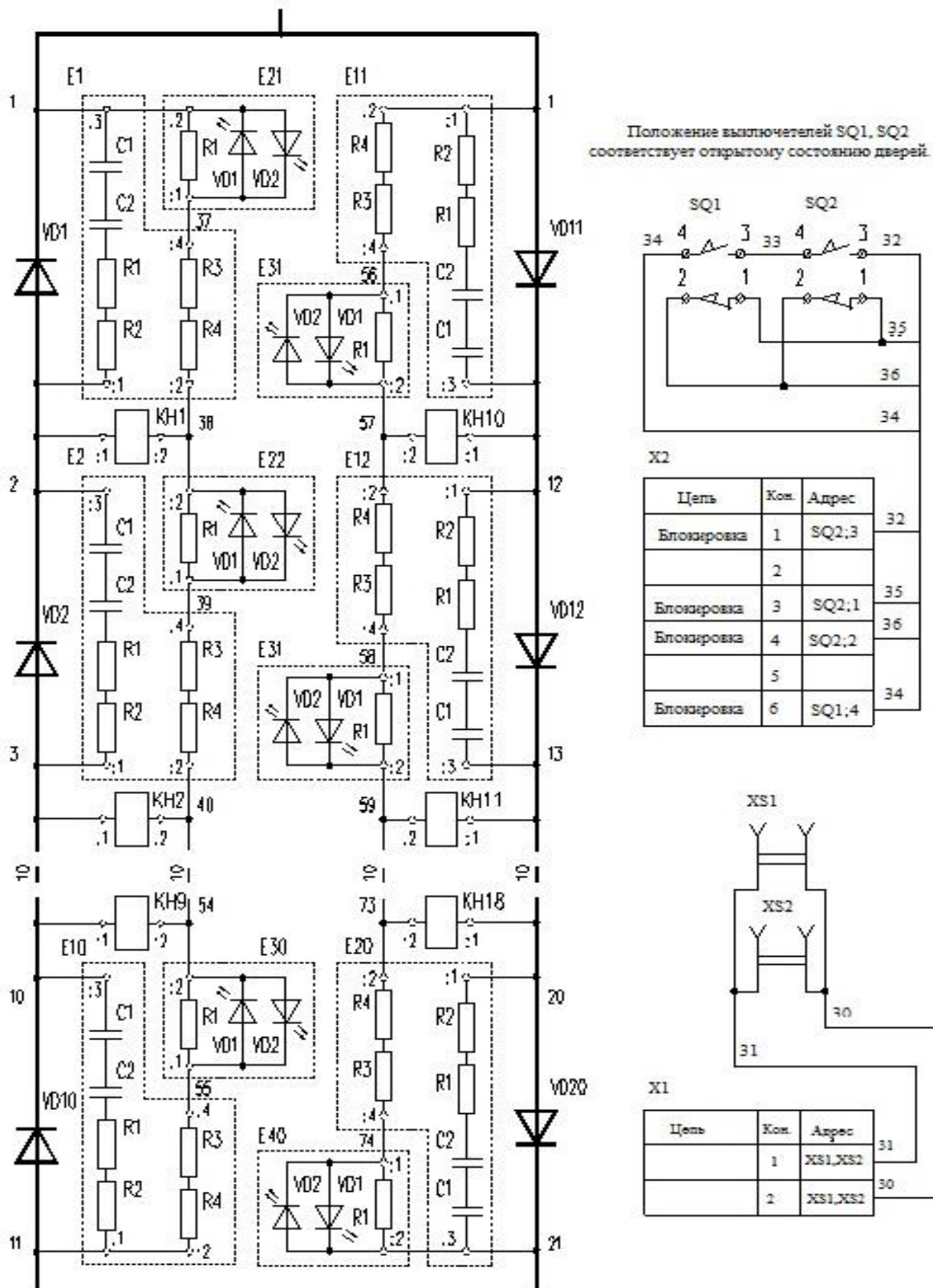


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная агрегата.

Каждая фаза схемы выпрямления состоит из двух плеч последовательно включенных диодов. Плечо фазы состоит из десяти диодов ДЛ153 30 класса, соединенных последовательно. Диоды плеча выбраны в зависимости от номинального выходного тока 1200, 1600 или 1800 А. Для равномерного распределения обратных напряжений параллельно диодам установлены RC- цепочки (конденсаторы C1, C2, резисторы R1...R4), а диоды каждого плеча подбираются по зарядам восстановления с разницей между наибольшим и наименьшим значениями не более 300 мкКл. Для защиты от кратковременных коммутационных и атмосферных перенапряжений на входе выпрямителя установлены нелинейные ограничители перенапряжения VD1...VD6. Контроль неисправного состояния диодов осуществляют указательные реле КН1...КН18. Указательные реле включены в диагональ моста, образованного диодом и шунтирующим резистором. Включение выпрямителя в работу, а также отключение производится переключателем S1, установленным на двери шкафа управления. Работа выпрямителя возможна только при закрытых дверях силового блока (дверная блокировка SQ1, SQ2) .

Питание силовой части выпрямителя осуществляется от трехфазной сети напряжением 10 кВ, 50 Гц через токоограничивающие реакторы и масляный выключатель, устанавливаемые потребителем. Сопротивление токоограничивающих реакторов должно быть не менее 0,5 Ом.

Были проведены испытания, которые показывают, что выпрямительный агрегат выполняет свои задачи. Возможности работы выпрямителей открывают широкие перспективы повышения автоматизации и эффективности производства, позволяют исключить человека из условий работы, вредных для его здоровья. Выпрямительный агрегат удовлетворяет требованиям, предъявленным к диодным выпрямителям, используемым для предотвращения образования гололеда на линиях электропередач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяков А. Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем. – Пятигорск: Изд-во РП Южэнерготехнадзор, 2000. – 284 с.
2. Чижено И. М. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1974. – 274 с.
3. Чижаев И. А. Расчет и проектирование полупроводниковых выпрямителей: учеб. пособие по курсовому проектированию. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1979. – 132 с.