

ВГПИ "Теплоэлектропроект"
Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчётов

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ

по проектированию устройств для плавления
гололеда на линиях 35-110 кв

Нач. Отдела электрических расчётов	/Н. Соколов/
Руководитель группы	/М. Моффе/
Инженер	/А. Синьев/

г. Москва, сент. 1958 г.

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе дан краткий перечень основных аварий, связанных с гололедом на линиях электропередачи за последние 6 лет.

Изложены принципиальные способы плавки гололеда, приведенные в книге В.В. Бургсдорфа "Сооружение и эксплуатация линий электропередачи в сильногололедных районах".

Показаны схемы и способы плавки гололеда, применяемые практически в энергосистемах Советского Союза. /Схемы плавки гололеда в Севкавказэнерго, Грузэнерго, в Грозненском сетевом районе, в Ставропольском Э.К. и их описание составлены ОРГРЭСом/.

Приведены примеры расчёта схем плавки гололеда на линиях электропередачи на основе работы ОРГРЭС "Разработка схем плавки гололеда на ЛЭП 35-110 кв Башкирэнерго", ЛЭП 35 кв Минсельхозе БАССР и ЛЭП 6-35 кв Шакиповского нефтяного районе Башнефти".

Даны руководящие указания по проектированию устройств для плавки гололеда на линиях электропередачи.

Настоящие руководящие указания не являются инструкцией по плавке гололеда и не могут заменить её

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
I. Введение. Гололедно-изморозные образования на проводах линий электропередачи.	4
II. Способы плавки гололеда.	6
III. Борьба с гололедом в энергосистемах Советского Союза.	14
IV. Примеры расчёта схем плавки гололеда.	23
У. Руководящие указания по проектированию устройств для плавки гололеда на линиях электропередачи	33
УГ. Приложения:	
I. Инструкция по эксплуатации линий электропередачи	40
2. Токи плавки гололёда	
3. Информационное письмо ЭУ-7 о сигнализаторе гололеда	44
4. Список литературы и материалов использованных в работе	45

I.

ПЕРЕЧЕНЬ ЧЕРТЕЖЕЙ

№ № п/п	Наименование	Инвентар- ный номер
1	2	3
1.	Схемы обогрева проводов /Рис. № № 1-14/	468
2.	Схемы обогрева проводов /Рис. № № 15-21/	469
3.	Схеме пофазной плавки гололеда на проводах ЛЭП 110 кв Ильич-Осиненко.	470
4.	Схеме плавки гололеда на тросах ЛЭП 35-110 кв от п/ст Должанка.	471
5.	Схеме плавки гололеда на тросовых подходах ЛЭП 35 кв Центросоюз- Должанка	472
6.	Схеме плавки гололеда на тросах ЛЭП 110 кв Н. Троицкая-Ильич	473
7.	Схеме плавки гололеда на ЛЭП 35 кв Ядгс-Ай-Петри	474
8.	Схеме плавки гололеда на ЛЭП 110 кв током трёхфазного короткого замыкания /Ставропольский энергокомбинат/.	475
9.	Схеме плавки гололеда на участке ЛЭП 50 кв токсом трёхфазного короткого замыкания от специального трансформатора /Ставропольский ЭК/	476
10.	Схеме плавки гололеда методом встречного включения на ЛЭП 35 кв Севкавказэнерго.	477
11.	Схемы плавки гололеда током короткого замыкания с применением однофазных реакторов на ЛЭП 35 кв Севкавказэнерго.	478
12.	Схеме плавки гололеда на ЛЭП 35 кв Грозненского сетевого района.	479
13.	Схеме плавки гололеда на ЛЭП 110 кв током трёхфазного короткого замыкания /Трузенерго/	480

I	2	3
14. Сигнализация о появлении гололеда на линии электропередачи.		555
15. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв № № 113, 119, 117, 118 от Селевetsкой ТЭЦ до одной из тяговых п/ст ЛЭП № 118 напряжением 110 кв с шин 110 кв Селевetsкой ТЭЦ.		556
16. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв Селевetsкой ТЭЦ - п/ст Шкапово- п/ст Реевке напряжением 110 кв с шин 110 кв Селевetsкой ТЭЦ.		557
17. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв Селевetsкая ТЭЦ - Кумертауская ТЭЦ - п/ст Северная напряжением 90 кв с шин 110 кв Селевetsкой ТЭЦ		558
18. Схема сетей 35кв Кумертауского узла.		559
19. Проектная схема электросети 6-35 кв Шкаповского нефтяного месторождения.		560
20. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв 113а и 113б Селевetsкая ТЭЦ - Шкапово-Селевetsкая ТЭЦ напряжением 110 кв с шин 110 кв Селевetsкой ТЭЦ		561
21. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв № 119, 117а, 117б на участке Шкапово-ЛЭП № 117 - Шефреново-напряжением 35 кв		562
22. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв № 117а и 117б на участке Абдулино-Талды-Булак, напряжением 10 кв		563
23. Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв № 117а и 117б на участке Приютново-Аксаково напряжением 10 кв.		564
24. Схема плавки гололеда с тяговой п/ст "Приютново"		565
25. Монтаж на порталах ОРУ 110 кв ошиновки схемы плавки гололеда ЛЭП 110 кв № 117а и № 117б с тяговой п/ст "Приютново"		566
26. Монтаж ошиновки для плавки гололеда напряжением 10 кв с тяговой п/ст "Приютново" для ЛЭП 110 кв № 117а и № 117б		567

1	2	3
27.	Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв Кумертау ТЭЦ - п/ст Северная на участке Кумертау ТЭЦ - опоре № 242, напряжением 35 кв	568
28.	Схема плавки гололеда на ЛЭП 35 кв п/ст Северная - Ку-мертауская ТЭЦ - п/ст Меячная напряжением 6 кв п/ст Северная.	569
29.	Схема плавки гололеда на ЛЭП 35 кв Шкапово-Чегодаево с п/ст Шкапово Напряжением 6 кв	570
30.	Схема плавки гололеда на ЛЭП 35 кв п/ст Чегодаево - п/ст К. Максимова - п/ст Приютово напряжением 6 кв с п/ст Чегодаево	571
31.	Схема плавки гололеда на ЛЭП-6 кв п/ст Шкапово-МСП № 1 напряжением 6 кв с п/ст Шкапово	572
32.	Схема плавки гололеда на ЛЭП-6 кв п/ст К - Максимова - п/ст Чегодаево-Куст № 7 напряжением 6 кв от п/ст К-Максимова	573
33.	Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кв № III, № 109 / "в" или "б" / № 2-с от ТЭЦ-4 до УРСУ ГРЭС напряжением 110 кв с шин 110 кв ТЭЦ-4.	574

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ

по проектированию устройств для плевки гололеда на линиях

I. Введение. Гололедно-изморозевые образования на проводах линий электропередач

Атмосферные условия, благоприятные для отложения гололеда и изморози на проводах электропередачи, классификация этих отложений и мероприятия для своевременного предупреждения аварий от гололеда изложены в Инструкции по эксплуатации линий электропередачи § § 92-97 и 187-195. /См. приложение № I/.

Аварии от гололеда относятся к числу наиболее тяжелых, ибо обрывы проводов и падения опор выводят линию из работы на длительные сроки и могут дезорганизовать электроснабжение промышленности, транспорта и коммунальных потребителей целых районов.

Краткий перечень аварий от гололеда в СССР за последние годы дает представление о размерах разрушений, связанных с гололедом.

В 1952 году катастрофические разрушения были вызваны исключительно сильными отложениями смерзшегося мокрого снега в Западной Грузии. Нагрузка на обледенелых проводах достигала примерно 5 кг/м при ветресо скорости 15-20 м/сек. Разрушения начались с выворачивания из грунта и падения угловых опор /с большими углами поворота/, после чего при возникшем одностороннем тяжении шесть проводов были сломаны промежуточные и анкерные опоры на большом протяжении. В общей сложности было разрушено 12 угловых, 13 анкерных и 23 промежуточных опор 110 кв линии. На некоторых опорах вырывание фундаментов было связано с недостатками их изготовления.

В 1953 году в Грузии отмечена еще одна авария, вызванная гололедом, с угловой опорой типа "Рюмка" 110 кв с разрушением в месте сопряжения верхней части опоры со стойкой. При этой аварии провода были сильно перегружены обледенелым мокрым снегом, достигшим 15-20 см по диаметру, и часть из них оборвалась.

В 1954 году 10 случаев обрыва проводов на линиях Мосэнерго, Крымэнерго, Саратовэнерго и Воронежского ЭК были вызваны гололедом, интенсивность которого превышала наблюдавшуюся в течение последних 10-20 лет. В результате плавки и подпрыгивания проводов при сбросе гололеда имели место 4 обрыва и 3 случая сильных оплывлений проводов. Все перекрытия произошли при расположении проводов в вертикальной плоскости при расстоянии между фазами на линиях 110 кв 3 м.

/2 случая/ и на линиях 35 кв I,2-I,4 м /4 случая/ и I,8 м /1 случая/. Перекрестия между проводами с вертикальными расположением при пляске и подпрыгивании отмечались неоднократно, особенно при расстоянии до 1,5 м. Расположение проводов в вертикальной плоскости /без горизонтального смещения/ следует поэтому считать нежелательным.

1955 год. Схлестывание проводов при обросте гололеда и схлестывание провисшего от гололеда троса с проводом привели к отключению линии 110 кв. /Армэнерго - I случай, Алтайэнерго-2 случая/ и двух линий 35 кв /Краснодарэнерго и Эстонэнерго/.

Отмечен обрыв проводов при гололеде на линии 35 кв Басеенского ЭК и на линии 110 кв Донбассэнерго. В первом случае провод был пережжен дугой при касании проводом земли, в Донбассэнерго обрыв двух проводов М-70 сопровождался наклоном 4-х промежуточных опор типа "рыбка".

1956 г. Аварии, связанные с гололедом, произошли в Азэнерго, Грузэнерго, Краснодарэнерго, Куйбышевэнерго, Новосибирскэнерго и Человэнерго.

В марте 1957 г. в Башкирской энергосистеме произошел обрыв проводов на линии 110 кв при гололеде и ветра, а в конце декабря 1957 г. и начале января 1958 г. на линиях электропередачи 110 кв Башкирской энергосистемы произошло падение 37 металлических дружицных опор при гололеде и ветра, вызвавшие перерыв электроснабжения ответственных потребителей на длительное время.

Аналогичные аварии при гололеде, изморози и мокром снеге имели место и в других энергосистемах. Так, в Кузбассэнерго в X-1957 г. при мокром снегопада имел место массовый обрыв проводов на линиях 110 кв, вызвавший нарушение электроснабжения ответственных потребителей.

Не меньший ущерб от гололеда имеет место в энергосистемах за рубежом.

В английском журнале дано описание тяжелой аварии, происшедшей в Линкольншире /Великобритания/ в результате снежной бури в январе 1956 г. Наибольший диаметр отложений на проводе превышал 12,7 см. В результате были согнуты железобетонные опоры 33 кв линии. /Реферативный журнал электротехники № 2 за 1957 г./.

Необычайно сильный гололед на северо-востоке Нью-Брансви-ке /США/ в 1956 г. полностью разрушил 160 км распределительной сети. На питающей район линии электропередачи 69 кв гололед вызвал разрушение в одном месте, а также изгиб опор и провисание проводов до 1,5 м высоты на участке протяженностью 14,5 км. Для предотвращения дальнейшего разрушения линии электропередачи 69 кв были предприняты планка гололеда током короткого замыкания. Выделенный генератор 12,5 мвт, 6,9 кв был возбужден до 7,5 кв и подключен в линию; расстояние до точки к.в. составляло 48 км. При питании второй точки к.в. /69,5 км от станции/ для увеличения тока к.в.

линия была подключена к выделенному генератору через трансформатор 6,9/12,47 кв. В дальнейшем предполагается уделить серьезное внимание плавке гололеда на линии. /Реферативный журнал электротехника № 7 за 1957 г./

Опыт эксплуатации энергосистем Советского Союза показал, что аварии из-за отложения на проводах линий электропередачи гололеда, изморози и мокрого снега происходит, как правило, в тех энергосистемах, где не проводятся мероприятия по борьбе с гололедом.

Проведенные в СССР работы по изучению гололеда дают возможность определять нагрузки от гололеда на линиях электропередачи в различных районах при любой погоде. Однако "Правила устройства электротехнических установок" рекомендуют учитывать при проектировании линий электропередачи наиболее невыгодные сочетания нагрузок от внешних сил и температур, действующие на высоковольтную линию, наблюдаемые не реже одного раза в 10 лет и не учитывать единичные, весьма редкие случаи интенсивных нагрузок от гололеда, случающиеся в сроки, превышающие 10 лет. Отсюда следует, что при особенно неблагоприятном сочетании обстоятельств, нагрузки на линиях могут превзойти расчетные и тем самым поставить под угрозу прочность линий передачи.

Для предотвращения тяжелых последствий необходимо обеспечить своевременное удаление гололеда с линий.

Наиболее эффективным и оперативным способом борьбы с обледенением проводов является плавка гололеда электрическим током, которая дает возможность освободить десятки и даже сотни километров линий от гололеда силами небольшого эксплуатационного персонала в течение нескольких часов.

II. СПОСОБЫ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА

Рабочие токи линий электропередачи обычно недостаточны для плавки гололеда. Поэтому необходимы специальные мероприятия по повышению токовой нагрузки линий.

Там, где имеется возможность отключить от потребителей линию на время плавки гололеда, можно применять следующие способы повышения токовой нагрузки:

1. Трёхфазное короткое замыкание линии.
2. Встречное включение трансформатора.

Там, где нет возможности отключить линию от потребителей на время плавки, можно применять другие способы:

1. Перераспределение нагрузок.
2. Включение ЭДС в контур с использованием земли в качестве обратного провода.
3. Включение ЭДС в расщепку кольцевой сети.

Для выбора оптимального способа плавки гололеда и средств для осуществления плавки, линию следует рассмотреть не изолированно, а совместно с другими линиями, входящими в электрическую систему.

Способы плавки гололеда на линиях отключённых
от потребителей
/ черт. № 468/

1. Способ плавки током трёхфазного короткого
замыкания

Способ плавки током трёхфазного короткого замыкания является наиболее простым и оперативным методом плавки гололеда /рис. 1/.

По этому способу линия закорачивается на конце и присоединяется к источнику питания, которым может быть специальный генератор или шины системы. Линия присоединяется к источнику питания непосредственно или через трансформатор. Необходимая для обогрева проводов сила тока обеспечивается изменением напряжения источника питания или изменением длины обогреваемой линии.

Изменение напряжения источника питания осуществляется следующими мероприятиями.

При питании линии от трансформатора - переключением обмоток трансформатора со звезды на треугольник или с треугольника на звезду, а также использованием ответвлений на обмотках трансформатора.

При питании линии от шин системы - изменением напряжения в точке системы, питающей шины.

В случае питания линии от отдельного генератора - воздействием на его возбуждение.

Если сопротивление обогреваемой линии велико, чтоб получить требуемый ток плавки следует установить закоротку на части линии; если сопротивление линии мало, включает последовательно с линией балластный участок линии системы, на котором плавка не требуется.

2. Плавка гололеда по способу встречного
включения трансформаторов

Способ встречного включения трансформаторов применяется для повышения силы тока и длины обогреваемого участка линии по сравнению со способом короткого замыкания.

Поскольку всякая линия имеет на обоих концах силовые трансформаторы, то соответствующим переключением обмоток трансформаторов можно получить разность напряжений между

начелом и концом линии и тем самым требуемый ток для плавки гололёда.

Трансформаторы, между которыми включается линия, питаются от системы по нормальной схеме.

Для получения линейного напряжения на концах каждого обогреваемого провода, линия с одного конца присоединяется к фазам а, в, с, а с противоположного соответственно к фазам в, с, а или с, а, в /Рис. 2/.

Эт нагрузка активным током трансформаторов при встречном включении происходит неравномерно. Большую часть активной мощности берет на себя трансформатор, вектор напряжения которого опережает по времени другой трансформатор /Рис. 3/.

Для получения на проводе напряжения, равного $2 U_{\phi}$, меняют начеле и концы обмоток у одного из трансформаторов.

Для получения на проводе напряжения $2,65 U_{\phi}$, у одного трансформатора меняют порядок присоединения фаз, а вектора напряжений трансформаторов сдвигают на угол 150° /Рис. 4/.

Для получения на проводе напряжения $3 U_{\phi}$, обмотки обоих трансформаторов соединяют в звезду и включаются на-встречу.

Возможность переключения обмоток должна быть проверена с точки зрения допустимости этих переключений для изоляции трансформаторов и с точки зрения возможности выполнить эти переключения без нарушения нормальной эксплуатации электропередачи.

Для установок до 35 кв указанные переключения, связанные с повышением напряжения в $\sqrt{3}$ раз по отношению к земле, на время плавки не вызывают опасений. Для трансформаторов IIOkв с незаземленной нейтралью такие переключения допустимы на короткий срок до I часа.

У трёхфазных трансформаторов переключения обмоток производятся под крышкой и, следовательно, их использование в схемах встречного включения с переключением обмоток несомненно с их использованием в нормальной эксплуатации в течение гололёдного периода.

Способы плавки гололёда без отключения потребителей от линии

I. Плавка по способу перераспределения нагрузок

Этим способом можно повысить токовые нагрузки линии до значений необходимых как для плавки гололёда, так и для предупредительного нагрева $+ 2^{\circ}\text{C}$. Повышение токовых нагруз-

зак достигается путем отключения части параллельных линий, путем разрезания колец, переводом дополнительных потребителей на питание с обогреваемой линии, повышением нагрузки генераторов и т.п. Этот способ возможен лишь при достаточной нагрузке линий электрической системы рабочим током.

Способ перераспределения нагрузок не требует установки дополнительных аппаратов, перемычек, закороток и т.п. Для возможности его проведения необходим резерв активной и реактивной мощности, чтоб загрузить повышенным током обогреваемую линию.

2. Плавка гололеда посредством включения ЭДС в контуре с использованием земли в качестве обратного провода

Сущность метода заключается в наложении на рабочий ток линии токов, замыкающихся через землю. Метод имеет различные выполнения.

а/ Наложение токов нулевой последовательности

/ Рис. 5/

По этому способу в нейтраль силового трансформатора, питающего обогреваемую линию, включается трансформатор соответствующего напряжения и мощности, чем создается система токов нулевой последовательности во всех трёх фазах, которые складываются геометрически с рабочим током линии.

Суммарный ток в каждой фазе будет отличаться от тока других фаз и одновременная плавка гололеда возможна не более, чем на двух проводах обогреваемой линии. Поэтому должно быть предусмотрено изменение фазы тока нулевой последовательности.

При использовании этого метода плавки необходимо проверить величину отоссе тока нулевой последовательности нейтралью других трансформаторов электрической сети и если необходимо - отключить часть нейтралей на время плавки.

б/ Пофазный обогрев

По этому способу на рабочий ток обогреваемой фазы накладывается дополнительный ток замыкающийся через землю /Рис. 6/. Чтобы повысить результирующий ток плавки угол между дополнительным током и рабочим током фазы должен быть небольшим. Небольшой угол желателен еще потому, что при этом уменьшается потенциал других фаз линии /Рис. 7/. Если результирующий ток недостаточен для плавки, то можно включить дополнительный трансформатор также с другого конца обогреваемой фазы /Рис. 8/ и использовать изложенные выше возможности встречного включения дополнительных трансформаторов /Рис. 9/. Потенциал других фаз линии может быть снижен также путем *изменения*

схемы включения дополнительного трансформатора /рис. 10/.

Схеме плавки гололеда на фазе А показана на рис. 11. Между обогреваемой фазой и источником дополнительного напряжения следует предусмотреть однофазный выключатель и разъединитель.

На рис. 12 показан пофазный обогрев с глухим заземлением нейтрали. Обогреваемая фаза отключается от питающих трансформаторов и соединяется с нейтрелями трансформаторов; далее нейтрель с той стороны, где расположен дополнительный трансформатор, заземляется.

Здесь надо предусмотреть фазные линейные выключатели и разъединители с обоих концов обогреваемой фазы. Такие же однофазные выключатели и разъединители надо предусмотреть между проводом и источником дополнительного напряжения.

Если ток в нейтрали достаточен для плавки гололеда, тогда ограничиваются заземлением нейтрали на одном конце линии, а противоположная нейтрель у дополнительного трансформатора соединяется с проводом перемычкой, показанной на рис. 12 пунктиром. В этом случае в нейтрали трансформатора должен быть предусмотрен заземляющий разъединитель, который замыкается перед разрывом фазы линии и размыкается после установки перемычки.

Пофазный обогрев можно производить не только переменным, но и постоянным током.

На рис. 13 показана схема для установок не выше 35 кв и предусматривает переход на работу по схеме ДПЗ / два провода - земля/.

Схеме на рис. 14 применяется для линий 110 кв с заземленной нейтралью и предусматривает переход на работу по схеме ДПЗ.

Заземления для контуров переменного и постоянного тока необходимо делать отдельно: для заземления обогреваемой фазы целесообразно использовать заземление подстанции, а для цепи переменного тока - тросовый подход к подстанции.

в/ Искусственная схема короткого замыкания
через реактор

Черт. 469

Схема пофазного обогрева по данному способу показана на черт. № 469 рис. 15.

Со стороны реактора нейтрель трансформатора разземлена, а с другой стороны - заземлена наглухо. Другие нулевые точки сети желательно разземлить на время плавки для уменьшения отсоеда тока.

II.

По данному способу плавки возможен обогрев кольцевых и радиальных линий без их отключения от работы.

Так как реактор будет работать 1,5 - 2 часа в год, то для него можно допустить 3-кратную перегрузку, что значительно уменьшит его габариты. Для напряжения 35 кв реактор может быть с железным сердечником, как и без него, а для сети 110 кв желательнее иметь реактор с железным сердечником.

Обогрев проводов по данному способу в сети 35 кв с изолированной нейтралью требует защиты обогреваемой сети от однофазных замыканий, так как на время плавки нейтраль должна быть заземлена.

Все схемы пофазной плавки гололеде создают несимметричную нагрузку системы. Поэтому необходимо заранее рассчитать допустимость этой асимметрии для генераторов и степень её влияния на провода связи.

3. Плавка гололеде по способу включения дополнительной ЭДС в рассечку кольцевой сети

/ Черт. № 469/

Сущность метода заключается в наложении на рабочий ток линии дополнительного тока от постороннего источника.

Метод имеет различные выполнения.

а/ Использование специальных трансформаторов

Для обогрева линии по данному способу применяются сетевые трансформаторы с переключением под нагрузкой или обычные трансформаторы. Вторичная обмотка, подключаемая в рассечку обогреваемой линии, должна быть одной ступени напряжения с линией или выше неё, а первичная сторона трансформатора питается от более низкой ступени напряжения /рис. 16/.

Для возможности подключения в рассечку вторичная обмотка трансформатора должна иметь концы, выведенные наружу.

Угол Θ между вектором напряжения трансформатора и напряжением шин определяется в основном группой соединения обмоток трансформатора /рис. 17/. Дополнительные сдвиги векторов, в силу падения напряжения в трансформаторе на угол φ и падения напряжения между точками сети на угол ψ , незначительны и не влияют заметно на угол Θ .

Ток плавки зависит от угла α между рабочим током и дополнительным током / рис. 18/.

Для уменьшения отклонений напряжения во время плавки в разных точках кольца от нормального, выбирают такую группу соединения дополнительного трансформатора, чтоб угол Θ был в диапазоне 60-120 или 240-300 электрических градусов.

Для уменьшения мощности специального трансформатора его следует включить таким образом, чтоб вызванный им ток вычитался из рабочего тока питающей линии и суммировался с током обогреваемой линии.

Питание специального трансформатора может производиться не только от шин системы, но и от специально выделенного генератора /рис. 19/. Для обеспечения синхронной работы системы с генератором необходимо выполнить расчёт устойчивости. Пользуясь эквивалентной схемой /рис. 20/, находят зависимость мощности от угла и определяют область устойчивой работы. По напряжению шин и углу работы генератора определяется токораспределение в схеме и ток в обогреваемой линии.

б/ Использование трансформаторов с разными коэффициентами трансформации /рис. 21/

Этот способ применяется при параллельной работе двух силовых трансформаторов с одинаковой схемой соединения обмоток. Подготовка схемы заключается в перестановке ответвлений на трансформаторах.

Уравнительный ток вместе с рабочим током может быть использован для обогрева проводов. Так как дополнительный ток незначителен по величине, то данный способ можно использовать для предупредительного нагрева, а в сильно нагруженных линиях и для плавки гололеда.

Плавка гололеда на тросах

Для плавки гололеда на тросах их необходимо разземлить: при металлических опорах - изолировать от опоры, а в случае деревянных опор - снять заземляющие спуски на 3-4 метра от земли.

Большое электрическое сопротивление тросов вынуждает проводить плавку на более коротких участках, чем на проводах.

Ток плавки для тросов определяется, как ток плавки для провода того же сечения, путем умножения последнего тока на коэффициент $\sqrt{\frac{0,0283}{P}}$ / при проводе марки АС/ или на $\sqrt{\frac{0,0172}{P}}$ / при медном проводе/.

Тогда ток плавки для тросов:

$$I_{\Pi} = 0,4 I_{\Pi}' \text{ или } 0,32 \cdot I_{\Pi}'' ,$$

где: I_{Π}' - ток плавки для проводе марки АС,
 I_{Π}'' - ток плавки для медного проводе,

13.

I_n - искомый ток плетки для троса,

R - активное сопротивление стального троса -
 $0,15 + 0,18 \text{ ом.мм}^2/\text{м}$

Для уменьшения асимметрии при плетке гололеда на тросах её ведут одновременно с одним из проводов, включая их в звезду.

Если два троса соединены параллельно, то для получения звезды используют 2 провода.

Известно, что тросы допускают значительно большую механическую нагрузку, чем провода, поэтому можно часто обойтись без обогрева тросов.

III. БОРЬБА С ГОЛОЛЕДОМ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ СОВЕТСКОГО СОЮЗА

I. Донбассэнерго

Большинство линий электропередачи 35 кв Донбассэнерго работают с токовыми нагрузками, равными токам предупредительного нагрева проводов. Например, ЛЭП-35 кв Иван-Екатериновка с марками проводов М-50 и М-95 имеет ток нагрузки 350 А, а предупредительный ток нагрева проводов проводе марки М-95 также равен 350А.

На линиях, где рабочие токи меньше предупредительных токов нагрева, плавка гололеда ведется нагрузочным током линии за счет изменения схем коммутации подстанций по согласованию с диспетчером района.

Нагрузочным током в 1958 г. были оплавлены две линии 35 кв в Краснодарском сетевом районе:

1/ Должанка - Центросоюз длиной 5,73 км с марками проводов МГ-50 и АС-50. Ток плавки 260 амп, время плавки 20 мин.
и

2/ Сорокино-Центросоюз длиной 21,67 км с марками проводов АС-95 и АС-50.

Ток плавки 270 амп, время плавки 18 мин.

До 1958 года плавка гололеда на ЛЭП 110 кв Ильич-Осипенко велась от отдельного турбогенератора ЗУГРЭС с подъемом напряжения с нуля и устройством короткого замыкания у подстанции Осипенко. При такой плавке гололеда ЛЭП отключалась. С 1958 г. плавка гололеда на этой линии ведется пофазно.

Пофазная плавка осуществляется с одновременным питанием потребителя по двум фазам. Схема пофазной плавки показана на чертеже № 470.

Для пофазной плавки используется резервный трансформатор подстанции Осипенко.

Оплаваемая фаза ЛЭП подключается к обмотке 35 кв. Ноль 35 кв этого трансформатора заземляется. Конец фазы линии, на которой производится плавка, должен быть заземлен на п/ст Ильич. Ток плавки гололеда 325 ампер.

Расчетная величина тока, протекающего по фазе ЛЭП при заземленном конце линии на п/ст Осипенко, подсчитывается по формуле:

$$I = \frac{U}{Z}; \text{ где } Z - \text{ суммарное сопротивление цепи тока /линии и тр-ре/}$$

16.

Сопротивление петли фаз-земля по данным замера на переменном токе равно 56,2 Ом.

Напряжение к.з. между обмотками 110 и 35 кв трансформатора $E_{кз} = 17\%$.

$$\sum Z_{тр} = \frac{E_{кз} \cdot U_{\phi}}{100 \cdot I_{н}} = \frac{17 \cdot 22000}{100 \cdot 300} = 12,4 \text{ см.}$$

где: $I_{н}$ - номинальный ток обмотки трансформатора 35 кв.

Полное сопротивление цепи плавки

$$\sum Z_{пл} = \sum Z_{петли} + \sum Z_{тр} = 56,2 + 12,4 = 68,6$$

Ток плавки

$$I_{пл} = \frac{22000}{68,6} = 322 \text{ а}$$

перегружает трансформатор всего на 7%.

Борьбе с гололедом на тросах путем его обивки мало эффективно из-за значительной высоты подвеса тросов и в ряде случаев из-за необходимости отключения линий электропередачи. Электрическая плавка гололеда на тросах возможна только при его изоляции. Схема плавки гололеда на тросовых подходах ЛЭП 35-110 кв показана на чертеже № 471. Для плавки применяется специальный трансформатор /ТОМ-560/6/.

Осуществление схемы для тросовых подходов 35 кв потребовало 70 м. кабеля /СБЭх50/, две концевых муфты и одиннадцать однополюсных разъединителей. Для прокладки кабеля вырыты траншея длиной 60 м.

На чертеже № 471 показана схема плавки гололеда на тросах в зимний период 1957-1958 г.г.

Плавка гололеда на тросах ЛЭП-35 кв осуществляется также от резервных трансформаторов 35/6 кв подстанций. По этой схеме в обмотку 35 кв резервного трансформатора подается напряжение 6 кв от шин п/станции. Трансформированное напряжение, снимаемое с обмотки 6 кв, равно 1 кв, подается по кабелю на тросовые подходы. См. чертеж № 472.

Плавке гололеда на тросах ведется при включенных линиях.

Напряжение, ток и время плавки гололеда по этим схемам приведены в таблице.

Плавка гололеда на тросах ЛЭП 35-110 кв
в зимний период 1957-1958 г.г.

№ п/п	Наименование линии линии	Марка троса	Длина троса, км	Температура воздуха, °С	Напряжения плетения, кВ	Ток плавки, А	Время плавки, мин.	Дата плавки
1.	35 кв Долженка-Центросоюз	C-50	1,18	- 5	1,0	115	18	29.I-58 г.
2.	35 кв Долженка-Краснодон	C-50	1,16	- 4	2,0	145	8	29.I-58 г.
3.	110 кв Долженка-Несветай	C-50	3,65	- 5	4,2	135	10	31.I-58 г.
4.	110 кв Должанке-Несветай	C-50	3,65	- 3,5	4,0	135	16	29.I-58 г.
5.	110 кв Должанке-Ровеньки	C-50	1,73	- 3,5	2,0	125	13	29.I-58 г.
6.	35 кв Красный Пергиван-Долженка	C-50	1,27	- 4	1,0	110	27	26.I-58 г.
7.	35 кв Центросоюз-Сорокино	C-50	1,48	- 5	1,0	87-90	51	27.I-58 г.

Ток плавки гололеда на тросе определяется по формуле:

$$I_{пл} = \frac{U}{2l \sqrt{r_0^2 + X_0' + X_0''}^2} ;$$

где:

- $I_{пл}$ - ток плавки в амперах
 U - напряжение в вольтах
 l - длине тросе в км
 r_0 - активное сопротивление в ом/км
 X_0' - внешнее индуктивное сопротивление в ом/км
 X_0'' - внутреннее " " " " в ом/км

ПРИМЕР: Рассчитать ток плавки гололеда на тросовых подходах длиной 1,27 км /подвешено две тросе марки C-50/, если напряжение источника тока равно 1000 вольт.

Опыт показал, что плотность тока 2 а/мм² является наиболее целесообразной, обеспечивающей плавку гололеда с муфтой 70-80 мм при температуре до - 5°С и ветре до 5 м/сек в течение 20-30 мин.

Поэтому для первоначального расчёта необходимого тока плавки условно принимается величина тока 100 ам. При токе 100 ампер протекающем по тросу С-50 $\zeta_0 = 3,50 \text{ ом/км}$

а $X_0'' = 1,85 \text{ ом/км}$. Внешнее индуктивное сопротивление

$X_0' = 0,407 \text{ ом/км}$.

Таким образом:

$$I_{\text{пл}} = \frac{1000}{2 \cdot 1,27 \sqrt{3,5^2 + 0,407^2} + 1,85^2} = 100 \text{ а}$$

Действительный ток плавки гололеда на тросах ЛЭП 35 кв Красный Пертывен - Должанке равен 110 ам.

На тросах ЛЭП 110 кв Н. Троицкая - Ильич была проведена пробная плавка током короткого замыкания от трансформатора 20 т. квв напряжением 110/35/6 кв.

Плавка гололеда на тросах велась при отключённой ЛЭП, заземленной с обеих сторон. Схема плавки дана на чертеже № 47 В.

Ток плавки гололеда определяется по формуле:

$$I_{\text{пл}} = \frac{U}{2 \rho \sqrt{r^2 + X^2}} ;$$

Ниже дан расчёт тока плавки гололеда на тросах на участке опор № № 110-139.

Длина участка тросе 5,6 км. Длина линии по токоведущему проводу до опоры 139-25 км.

На ЛЭП подвешены:

провод МП-95 / r = 0,2 ом/км; $x = 0,433 \text{ ом/м/}$,

трос С-50 / r = 3,5 ом/км; $x = 2,257 \text{ ом/км/}$.

Полное сопротивление

$$\Sigma = 2 \sqrt{0,2 \times 25 + 3,5 \times 5,6^2 + 0,433 \times 25 + 2,257 \times 5,6^2} = 68 \text{ ом.}$$

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{6,4 \cdot 10^3}{68} = 94 \text{ а}$$

При пробной плавке гололеда фактическое напряжения источника тока было 6,7 кв, а ток плавки - 105 а.

2. Крымэнерго

На черт. № 474 показана схема плавки гололеда на ЛЭП-35кв Ялта-Ай-Петри. Гололедообразование наблюдается на горном участке электропередачи на высоте 1200 м от уровня моря в районе Ай-Петри. Протяженность электропередачи 7,5 км. От Ялты до горного участка на протяжении 4,7 км марка провода М-50, а в горном участке на протяжении 2,8 км марка провода Ж-95.

Плавке гололеда производится током трёхфазного короткого замыкания от специального трансформатора 1000 квэ, 6/3 кв, установленного на Ялтинской подстанции. Трансформатор подключён к шинам 6 кв, а линия на время плавки присоединяется перемычкой к обмотке трансформатора 3 кв.

Сопротивление оплавляемой линии

$$Z = \sqrt{0,39 \cdot 4,7 + i,88 \cdot 2,8 / 0,4 \cdot 4,7 + 0,75 \cdot 2,8} = 8,1 \text{ ом}$$

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 8,1} = 214 \text{ а}$$

значительно превосходит длительно допустимый ток нагрузки /140 а/ для провода марки Ж-95 и не опасен для провода М-50.

Ввиду частых и весьма сильных гололедообразований на линии в районе Ай-Петри, борьбе с гололедом ведется с применением устройств автоматки и талемеханики. Схема плавки включается дистанционно с пульта управления по получении телесигналов о нарастании льда.

В 1958 г. плавке гололеда производилась на линии Ялта-Ай-Петри десять раз. Продолжительность плавки в среднем 20-30 минут.

Аппаратура работала успешно уже в течение 2-х лет. См. приложение № 3.

3. Ставропольский энергокомбинат /СЭК/

За период более чем 20-летней эксплуатации линий электропередачи СЭК выявлены линии и участки этих линий, которые подвержены интенсивному гололедообразованию.

Для этих 12 ЛЭП 35-110 кв разработаны схемы плавки, сооружены монтажные перемычки на соответствующих станциях и подстанциях.

Плавке гололеда производится током трёхфазного короткого замыкания. Специально для организации плавки гололеда установлены 3 трансформатора:

- а/ на Баксанской ГЭС - мощностью 10.000 квэ 110/20-11,5 кв,
- б/ на Сентелевской ГЭС - мощностью 10.000 квэ 6,3/10 кв,
- в/ на ЛЭП-50 кв № 51 под анкерной опорой № 223 в 10 км от п/ст Западной - мощностью 2000 квэ 50/3 кв.

На чертеже № 475 приведена схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв № 1 и № 2 напряжением 20 кв от специального трансформатора, установленного на Баксанской ГЭС.

Закорачивание трёх фаз линии производится включением заземляющего разъединителя соответствующей линии /Л-1 или Л-2/ на п/ст Машук.

За зимний период 1957-1958 г.г. производилась два раза плавка гололеда на Л-1 и один раз - на Л-2.

На чертеже № 476 приведена схема плавки на ЛЭП-50 кв № 51 на участке 10 км, примыкающем к п/ст Западной. На период плавки концы шлейфов анкерной опоры № 223 разводятся и трансформатор 2000 квэ последовательно включается в линию Л-51. В летний период вводы трансформатора закрываются металлическими колпачками. За последние годы не было случаев механического повреждения трансформатора из-за внешних причин. Зимой 1957-58 г.г. производилась один раз плавка гололеда на Л-51 в соответствии с приведенной схемой.

4. Севкавказэнерго

В системе Севкавказэнерго организация плавки гололеда на линиях электропередачи в широких масштабах нечелась с 1952 г.

Основными методами плавки гололеда являются:

1. Встречное включение линии.
2. Плавка током трёхфазного короткого замыкания.

3. Плавке током трёхфазного короткого замыкания с использованием реактора.

В соответствии со схемами плавки сооружены на станциях и подстанциях монтажные схемы с использованием разъединителей, а также составлены соответствующие инструкции.

Для организации плавки гололеда установки дополнительного оборудования, как выключатели и трансформаторы, не потребовалось.

Пример плавки гололеда методом встречного включения приведен на схеме чертеж № 477 плавки на ЛЭП-35 кв № 26 и № 29. Изменение фазировки достигается изменением порядка фаз на одном из т.н. "гололедных" разъединителей, включённых в цепь плавки. В зимний период 1956-1957 производилась по две раза плавка гололеда этим методом на Л-26 и Л-29.

Плавке гололеда током трёхфазного короткого замыкания с использованием реактора производится на ЛЭП-35 кв № 27 и № 28. Бетонные реакторы, рассчитанные на U_n 6 кв,

$I_n = 400$ а и $X = 6\%$ установлены на п/ст Малгобек /М-1/. В период 1956-1957 г.г. на этой линии плавка гололеда производилась четыре раза чертеж № 478.

В Грузненском сетевом управлении широкое применение нашел метод плавки гололеда током трёхфазного короткого замыкания. При этом предусмотрено плавке как на одной линии, так и на нескольких линиях, последовательно включённых в одну цепь обогрева /см. чертеж № 479/.

5. Грузэнерго

В системе Грузэнерго плавка гололеда в настоящее время осуществляется только на двухцепной линии электропередачи 110 кв Храм-ГЭС - п/с Дидубе Тонети I и Тонети II.

Плавка производится током трёхфазного короткого замыкания напряжением порядка 25-30 кв от специально установленного 3-фазного трансформатора 37 Мвэ 35/10,5 кв, включённого в блок с одним генератором Г-1. Чертеж № 480.

В зимний период 1956-1957 г.г. плавка гололеда производилась две раза.

Из краткого обзора установок по борьбе с гололедом в некоторых энергосистемах Советского Союза следует, что наиболее распространенным является способ плавки током трёхфазного короткого замыкания. Ознакомление с иностранной литературой по борьбе с гололедом на линиях электропередачи показало, что этот способ является самым распространенным и в зарубежной практике. Другие способы плавки гололеда встречаются редко.

Из краткого обзора установок по борьбе с гололедом в некоторых энергосистемах Советского Союза следует, что наиболее распространенным является способ плавки током трёхфазного короткого замыкания. Ознакомление с иностранной литературой по борьбе с гололедом на линиях электропередачи показало, что этот способ является самым распространенным и в зарубежной практике. Другие способы плавки гололеда встречаются редко.

На ЛЭП 110 кв Ильич-Осипенко в Донбассэнерго применяется способ трёхфазного оботраве потому, что линия одноцепная питает ответственных потребителей, не допускающих перебоев в электроэнергии.

Способ встречного включения трансформаторов на ЛЭП-35 кв Пливе-Вознесенка в Связьказэнерго применяется наряду с методом плавки током трёхфазного короткого замыкания в зависимости от величины гололеда и температуры окружающей среды, когда напряжение 6 кв оказывается недостаточным для плавки гололеда на линии протяженностью 38,4 км.

В этой же энергосистеме на ЛЭП-35 кв Вознесенка-Мелгобли по тем же причинам применено сочетание плавки током 3-фазного короткого замыкания с включением реактора в цепь плавки для уменьшения тока плавки.

Особо следует остановиться на установке трансформатора 37 Мва, 35/10,5 кв специально для плавки гололеда в Грузэнерго. Это решение понятно, если рассмотреть ЛЭП Хрем-ГЭС - п/ст Дидубе изолированно. Действительно плавить при напряжении 110 кв нельзя, так как протяженность линии недостаточна, чтобы обеспечить допустимый ток плавки, а для плавки напряжением 10 кв протяженность линии велика. Промежуточного напряжения на Хрем-ГЭС нет. Учитывая большие разрушения от гололеда, имевшие место в Грузэнерго, и требования потребителей электроэнергетики, становится понятной установка мощного трансформатора специально для нужд плавки гололеда.

Возможно, что при рассмотрении ЛЭП 110 кв Хрем-ГЭС - п/ст Дидубе не изолированно, а в системе, задача плавки гололеда была бы решена проще.

Опыт борьбы с гололедом на ЛЭП-35 кв Ялта-Ай-Петри показывает удачное решение весьма важной задачи своевременной информации о начале гололедаобразования.

Обычно эта задача решается обслуживающим персоналом станций и подстанций, линейными обходчиками, а иногда и местными жителями, живущими на трассе линии.

В некоторых энергосистемах США, для ускорения получения информации о процессе гололедаобразования, линейные обходчики снабжены переносными портативными радиопередатчиками для связи с диспетчерскими пунктами.

В других энергосистемах США, где линии электропередачи имеют высокочастотную защиту, для сигнализации о появлении гололеда используется явление затухания тока несущей частоты на линии, покрытой гололедом.

Увеличение затухания несущей частоты можно обнаружить, применяя стандартную аппаратуру высокочастотной защиты линии. Для этого на конце линии у приёмника высокой частоты с помощью сигнального реле, вводится сопротивление на время замера тока в.ч. для обнаружения гололеда /черт. № 555, 1/. Сопротивление создаёт дополнительное искусственное затухание тока в.ч. Точка нормального затухания на характеристике измерительного прибора А /черт. № 555, 2/ сдвигается с пологого участка А-В в точку В - на участок крутого падения характеристики, где резко выражена зависимость между током реле в.ч. и степенью затухания.

При образовании на проводах льда и усилении затухания мощность приёмника на выходе быстро падает, что обнаруживается на измерительном приборе.

Когда атмосферные условия становятся благоприятными для гололедообразования, делаются частые замеры тока в.ч. Если произойдет затухание тока в.ч. на 10% сверх нормы /точка В/, то уже можно приступить к сборке схемы для плевки гололеда.

Однако начало плевки зависит не от показаний прибора, а от решения диспетчера системы, так как ослабление тока в.ч. может произойти не только от наличия гололеда на проводах, но и от других изменений погоды.

Кроме того, метод затухания тока несущей частоты не позволяет делать различия между слабым гололедом по всей линии и опасной концентрацией гололеда в нескольких пролётах.

IV. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СХЕМ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА

В качестве примеров расчёта схем плавки гололеда на линиях электропередачи приводятся анализ работы ОРГЭС «Разработка схем плавки гололеда на ЛЭП 35-110 Башкирэнерго, ЛЭП 35 кв Минсельхозе БАССР и ЛЭП 6-35 кв Шкәповского нефтяного района Башнефти». Работе охватывает 60 линий электропередачи общей протяженностью в одноцепном исчислении 2600 км. Около половины всех линий находится в сильно гололедных районах; другая половина расположена в районах, где гололед наблюдается редко и в незначительных размерах.

ОРГЭС zaproektiroval skhemu plavki gololeda dlya vsekh 60 liniy tolko tokom trekhnaznogo korotkogo zamykaniya, uchya pri etom trebsvaniya potrebitel'ey, intensivnost' gololedoobrazovaniya, ekonomicheskuyu tselесоobraznost' i vozmozhnost' konstruktivnogo vypolneniya skhem plavki. Ne vremya plavki liniya podlyuchается neposредственнo или s pomощью перемычки k шинам станци и подстанци и замыкается не конце.

Плавке гололеда током трёхфазного короткого замыкания сводит в сущности все виды линий - одноцепные тупиковые, двухцепные, питаемые с одного конца, и двухцепные, питаемые с двух сторон, - к единственному виду одноцепных тупиковых линий, питаемых с одного конца.

Приводимый ниже анализ работы ОРГЭС на линиях Башкирэнерго доказывает, что задача плавки гололеда одним способом током трёхфазного короткого замыкания - вполне разрешима.

В сильно гололедных районах Башкирской ССР расположены шесть линий электропередачи 110 кв, общей протяженностью 900 км /черт. № № 556, 557 и 558/:

ЛЭП-110 кв № 117	между тяговыми подстанциями	Абдулино и Тазеккә,
" " № 118	" " "	Абдулино и Бугуруслан,
" " № 113	" " "	Салаватской ТЭП и п/ст Шкәпово,
" " № 119	" " "	п/ст Шкәпово и п/ст Аксеково,
" " № 115	" " "	Салаватской ТЭЦи Кумертауской ТЭЦ и
" " "	" " "	Кумертауской ТЭЦ и п/ст Северная;

семь линий электропередачи 35 кв Кумертауского узла, общей протяженностью 80 км /черт. № 559/;

шестнадцать линий электропередачи Шкәповского нефтяного месторождения /из которых 4 ЛЭП - 35 кв и 12 ЛЭП - 6 кв/, общей протяженностью 168 км /черт. № 560/ и несколько других линий.

А. Схеме плавки гололеда на ЛЭП-110 кв
Бешкирэнерго

Для плавки гололеда на 4-х ЛЭП -110 кв / № № 117, 118, 119 и 113/, в зависимости от распространения района гололедообразования, запроектированы 19 схем: 3 схемы с напряжением плавки 110 кв, 5 схем с напряжением плавки 35 кв и 11 схем с напряжением плавки 10 кв. Ниже дается анализ этих схем.

а/ Плавке напряжением 110 кв

1. На черт. № 556 показана схема плавки, которая включает линию № 113, линию № 119, часть линии № 117 /от п/ст Аксаково до п/ст Абдулино/ и кончается на одной из тяговых п/ст линии № 118.

Протяженность цепи плавки, в зависимости от выбора места закоротки на линии № 118, от 210 до 294 км. Включение на плавку цепи "а" или "б" двухцепных линий ведется поочередно. Питание плавки ведется непосредственно, без перемычек от шин 110 кв Селевetsкой ТЭЦ. Закоротки запроектированы на всех п/ст линии № 118. Так как в цепь плавки входят две марки провода: АС-185 и АС-240, то ток плавки выбирается по проводу с меньшим сечением - АС-185. Полное сопротивление провода АС-185 равно 0,43 ом/км, а провода АС-240 0,408 ом/км. Сопротивление цепи плавки от Селевetsкой ТЭЦ до п/ст Абдулино $Z = 37,7$ ом, а от Селевetsкой ТЭЦ до п/ст Бугуруслен сопротивление $Z = 123,6$ ом.

В зависимости от выбора места закоротки расчётный ток плавки будет изменяться от $I_{расч} = \frac{110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 123,6} = 514$ а

до $I_{расч} = \frac{110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 37,7} = 723$ а.

Если к выбору места закоротки добавить возможные колебания напряжения на шинах, то ток плавки будет меняться от 494 до 794.

По таблице № I / в гл. У/ для провода марки АС-185 ток плавки следует выбирать от 515 до 745 а.

Таким образом, схеме способно обеспечить эффективную плавку гололеда.

Параметры плавки - ток, мощность, плотность тока по проводу, загрузка трансформаторов, протяженность линий и необходимые примечания даны на чертеже.

2. На черт. № 557 показана схема плавки гололеда, включающая линию № 113, линию № 119 и часть линии № 117 /от п/ст Аксаково до п/ст Равка/. Протяженность цепи плавки 220 км.

Плавка цепей двухцепных линий ведется поочередно. Питание плавки ведется непосредственно от шин 110 кв Сельветской ТЭЦ. Земоротка запроектирована на п/ст Реевка. Полное сопротивление цепи плавки $\Sigma \approx 92$ ом.

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч}} = \frac{110}{\sqrt{3}} \cdot \frac{10^3}{92} = 690 \text{ а}$$

В зависимости от колебаний напряжения на шинах 110 кв ток плавки будет меняться от 660 до 755 а.

По таблице № I для проводов марки АС-185, как указано было выше, ток плавки одного порядка с расчётным током.

Параметры плавки и примечания приведены на чертеже.

3. На черт. № 56I приведена схема плавки гололеда на линии № 113 между Сельветской ТЭЦ и п/ст Шкеново.

Плавка ведется одновременно на обеих цепях. Одна цепь подключается к шинам 110 кв Сельветской ТЭЦ, на п/ст Шкеново обе цепи подключаются к отдельной системе шин 110 кв, а земоротка устроена на Сельветской ТЭЦ на конце 2-й цепи. Общая протяженность цепи плавки 254,6 км. Полное сопротивление цепи плавки $\Sigma = 0,408 \times 254,6 = 104$ ом.

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч}} = \frac{110}{\sqrt{3}} \cdot \frac{10^3}{104} = 610 \text{ а}$$

В зависимости от колебаний напряжения на шинах 110 кв, расчётный ток плавки будет меняться от 585 до 666 а. По таблице № I ток плавки для проводов марки АС-240 следует выбирать от 610 до 685 а. И в данном случае расчётный ток удовлетворяет условиям плавки.

Параметры плавки приведены на чертеже.

6/ Плавка напряжением 35 кв

Для указанных выше 4-х линий электропередачи 110 кв предусмотрены также 5 схем плавки гололеда напряжением 35 кв. Схемы включают следующие линии 110 кв /черт. № 556 и 557/:

1. Линия № 118 /от п/ст Абдулино до п/ст Бугуруслан/ - 84 км
2. Линия № 119 и часть линии № 117 /от п/ст Аксеково до п/ст Шефреново/ - 79 км.

3. Линия № 119 и часть линии № 117 /от п/ст Аксаково до п/ст Абдулино/ - 83 км
4. Часть линии № 113 /от п/ст Шкёново до опоры № 224/-72 км.
5. Часть линии № 113 /от Селеватской ТЭЦ до опоры № 224/ - 55 км.

В отличие от схем плавки гололеда напряжением 110 кв, схемы плавки гололеда на линиях 110 кв напряжением 35 кв должны иметь перемычки для подключения линий на время плавки к шинам 35 кв.

На черт. № 562 показана одна из схем плавки гололеда напряжением 35 кв на линиях между п/ст Шкёново и п/ст Шафреново, протяженностью 79 км. Как видно из чертежа, перемычка запроектирована не п/ст Шкёново, а закоротка не п/ст Шафреново. Полное сопротивление цепи плавки $Z = 0,43279 = 33,8$ ом. Расчётный ток плавки

$$I_{расч.} = \frac{35 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 33,8} = 597 \text{ а}$$

вполне соответствует условиям плавки для провода марки АС-185.

Таким же образом можно проверить токи плавки для остальных схем плавки с питанием от шин 35 кв.

В схемах для участков плавки: п/ст Шкёново - опоре № 224 и Селеватская ТЭЦ - опоре № 224 устроены закоротки у опоры № 224, так как вблизи этой опоры расположен 8-й блок-пост, имеющий связь с Селеватской ТЭЦ и п/ст Шкёново.

в/ Плавке напряжением 10 кв

Для ЛЭП 110 кв № 117 и 118, из указанных выше 4-х линий электропередачи 110 кв, запроектированы также 11 схем плавки гололеда на небольших участках напряжением 10 кв. Схемы включают участки линии между тяговыми подстанциями и отпайки к подстанциям /см. черт. № № 556 и 557/.

Запроектированы следующие схемы плавки гололеда на ЛЭП-110 кв напряжением 10 кв:

- | | | | |
|----|-------------------------------------|----------------|------------|
| 1. | От п/ст Бугуруслан до п/ст Аксаково | протяженностью | |
| | | | 30,6 км |
| 2. | "- Филиповка " | Аксаково | "- 18,4 км |
| 3. | "- Филиповка " | Сарай-Гир | "- 17,3 км |
| 4. | "- Абдулино - | Телды-Булек | "- 18,6 км |
| 5. | "- Сарай-Гир " | Абдулино | "- 21,1 км |
| 6. | "- Приютово " | Телды-Булек | "- 17,8 км |

7.	От п/ст Приютово до п/ст Аксаково	протяж.	24,2 км
8.	"-" Глуховская	"-" Аксаково	"-" 20,2 км
9.	"-" Глуховская	"-" Аксеново	"-" 18,7 км
10.	"-" Аксеново	"-" Шефреново	"-" 19,0 км
11.	"-" Шефреново	"-" Раевка	"-" 17,1 км

Подобно схемам плавки на ЛЭП-110 кв напряжением 35 кв, схемы плавки линий 110 кв напряжением 10 кв должны иметь перемычки для подключения линий на время плавки к шинам 10 кв.

На черт. № 563 приведена схема плавки гололеда на участке линии 110 кв № 117 от п/ст Абдулино до п/ст Талды-Булак протяженностью 18,6 км. В схему плавки включается поочередно сперва одна цепь, затем - другая.

Полное сопротивление цепи плавки $Z = 0,43 \times 18,6 = 8$ ом
Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{10}{\sqrt{3}} \cdot \frac{10^3}{8} = 720 \text{ а}$$

удовлетворяет требованиям плавки для провозе мерки АС-185.

На черт. № 564 приведена другая схема плавки на участке между тяговыми подстанциями Приютово-Аксаково, протяженностью 24,2 км. Полное сопротивление цепи плавки $Z = 0,43 \times 24,2 = 10,8$ ом. Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{10}{\sqrt{3}} \cdot \frac{10^3}{10,8} = 535 \text{ а}$$

также удовлетворяет условиям плавки.

Все перечисленные выше схемы плавки напряжением 10 кв подобны приведенным схемам плавки на черт. № № 563 и 564.

Монтаж ошиновки для плавки гололеда напряжением 10 кв с тяговой подстанции Приютово для ЛЭП-110 кв показан на черт. № № 565, 566 и 567.

Для плавки гололеда на ЛЭП-110 кв № 115/ от Салаватской ТЭЦ до Кумертауской ТЭЦ и на ЛЭП-110 кв от Кумертауской ТЭЦ до п/ст Северная запроектированы 3 схемы: одна схема с напряжением плавки 90 кв и 2 схемы с напряжением плавки 35 кв.

На черт. № 558 показана схема плавки, которая включает обе названные линии от Салаватской ТЭЦ до п/ст Северная.

Протяженность цепи плавки 204 км. Плавка ведется непосредственно от шин 110 кв, специально выделенных для плавки и питаемых отдельными генераторами. Изменением возбуждения генераторов напряжение плавки доводится до 90 кв. Сопротивление цепи плавки 97,2 ом.

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{90 \cdot 10^3}{3 \cdot 97,2} = 535 \text{ а}$$

По таблице № I ток плавки для провода марки АС-120 находится в пределах от 380 до 550 а.

Расчётный ток вполне соответствует требованиям плавки.

Для этих же линий 110 кв запроектированы 2 схемы плавки гололеда напряжением 35 кв.

1. Салеватская ТЭЦ - Кумертауская ТЭЦ, протяжен. 75 км.
2. Кумертауская ТЭЦ опоре № 242, протяженностью 84 км.

На черт. № 568 показана схема плавки на участке Кумертауская ТЭЦ - опоре № 242 напряжением 35 кв. На Кумертауской ТЭЦ запроектирована перемычка с шин 35 кв на обогреваемый участок линии 110 кв, а на опоре № 242, где имеется связь с ТЭЦ, запроектирована врезотка. Сопротивление цепи плавки = $0,49 \times 84 = 41,2$ ом. Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{35 \cdot 10^3}{3 \cdot 41,2} = 490 \text{ а}$$

соответствует требованиям плавки.

Б. Схемы плавки гололеда на ЛЭП-35 кв Кумертауского узла

Примером проектирования схем плавки гололеда на одноцепных и двухцепных линиях, питаемых с двух сторон, могут служить разработанные ОРГЭСом схемы плавки гололеда для сетей 35 кв сильно гололедного кумертауского узла /черт. № 559/.

Плавка гололеда в этом узле производится от шин напряжением 6 кв. В целях экономии средств в этом узле, включаемом 6 подстанций 35 кв, запроектированы перемычки только на одной подстанции Северная.

Для плавки гололеда разработаны 4 схемы:

1. П/ст Северная - Кумертауская ТЭЦ - п/ст Маячная, протяженностью 18,54 км.

2. П/ст Северная - п/ст ВЭС - отпайке от ТЗ ϕ - п/ст
Мячная, протяженностью 18,76 км

3. П/ст Северная - п/ст Белая, протяженностью 15,87 км

4. П/ст Северная - п/ст Мелеуз, протяженностью 20 км

На черт. № 569 приведены две из схем плавки Кумертауского узла п/ст Северная - Кумертауская ТЭЦ - п/ст Мячная.

Цепь состоит из двух марок проводов - АС-70 - 16,14 км и АС-120 протяженностью 2,4 км. Расчет плавки ведется по проводу марки АС-70. Полное сопротивление цепи $\Sigma \approx 10,9$ ом
Расчетный ток плавки.

$$I_{\text{расч.}} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 10,9} = 317 \text{ а}$$

По таблице № I допустимый ток плавки лежит в пределах от 275 до 400 а. Следовательно, расчетный ток удовлетворяет требованиям. Параметры плавки и необходимые данные указаны на чертеже.

Плавка гололеда на ЛЭП-35 кв п/ст Северная и п/ст Белая запроектированы в 2-х вариантах: - от вывода трансформатора 3 кв и от шин 6 кв. Это объясняется тем, что на линии протяженностью 15,87 км имеется участок длиной 1,3 км с маркой провода АС-35 /см. черт. № 559/. Ток плавки, выбранный по марке провода АС-35 недостаточен для плавки гололеда на проводе марки АС-70 и наоборот, ток плавки, выбранный по марке провода АС-70 недопустимо велик для провода марки АС-35.

Поэтому ОРГЭС запроектировал схемы питания плавки напряжением 3 кв и 6 кв, рекомендуя применять для плавки последнее напряжение, заменив провод марки АС-35 на участке 1,3 км проводом марки АС-70.

В. Схемы плавки гололеда на ЛЭП-6-35 кв Шкяповского нефтяного месторождения

Примером проектирования схем плавки гололеда для одно-двухпроводных линий, одноцепных и двухцепных линий, питаемых с двух сторон может служить разработка ОРГЭСом схем плавки для электрической сети 6-35 кв Шкяповского нефтяного месторождения /черт. № 560/.

Для 4-х линий 35 кв запроектированы 4 схемы напряжением плавки 3 кв.

1. ЛЭП-35 кв от п/ст Шкяпово до п/ст Чегодаево, протяженностью 14,2 км

2. ЛЭП-35 кв от п/ст Шкапово до п/ст Сейне-Пурнас,
протяженностью 11 км
3. ЛЭП-35 кв п/ст Чегодаево - п/ст Кожай-Максимово-
п/ст Пристово, протяженностью 13,9 км.
4. ЛЭП-35 кв от п/ст Кожай-Максимово/ до п/ст Сейне-Пурнас,
протяженностью 12,5 км.

Все эти схемы включают перемычки с шин 6 кв на обогреваемую линию 35 кв и закоротки на конце линий.

На черт. № 570 показана схема плавки на ЛЭП-35 кв от п/ст Шкапово до п/ст Чегодаево протяженностью 14,2 км.

Перемычка видна на п/ст Шкапово, а закоротка - на п/ст Чегодаево. Полное сопротивление цепи плавки
 $Z = 0,45 \times 14,2 = 6,4$ ом. Расчетный ток плавки.

$$I_{\text{расч.}} = \frac{6}{\sqrt{3 \cdot 6,4}} = 530 \text{ а}$$

лежит в пределах допустимых токов плавки гололеде на проводе марки АС-120.

Для плавки гололеде на остельных 12 одноцепных ЛЭП-6 кв Шкаповского нефтяного месторождения ОРГЭС запроектировал следующие 9 схем /см. черт. № 560/

1. ЛЭП-6 кв п/ст Шкапово-п/ст Чегодаево-Куст № 2
протяженностью 15,3 км
2. ЛЭП-6 кв п/ст Шкапово-п/ст Чегодаево-НСП № I
протяженностью 16,0 км
3. -"- п/ст Шкапово-НСП № I -"- 16,2 км
4. -"- п/ст Шкапово-Сейне-Пурнас п/ст
Михайловка 14,83 км
5. -"- п/ст Шкапово-п/ст К.Максимово -"- 11,3 км
6. -"- п/ст Шкапово-п/ст Чегодаево-НСП № 3
протяженностью 13,8 км
7. -"- п/ст Чегодаево-п/ст Шкапово-П подъем
протяженностью 14,4 км
8. -"- п/ст Сейне-Пурнас-п/ст Шкапово-куст № 4
протяженностью 13,6 км
9. -"- п/ст К.Максимово-п/ст Чегодаево-
Куст № 7 протяжен. 13,5 км

На всех этих схемах плавка ведется напряжением 6 кв непосредственно, без перемычек от шин 6 кв; в конце каждого обогреваемого участка запроектированы перемычки.

На черт. № 572 показана для образца схема плавки гололеда на участке ЛЭП-6 кв п/ст Шкапово-НСП - № I протяженностью 16,2 км

Питание схемы ведется от шин 6 кв п/ст Шкапово, закоротка видна на НСП № I. Расчет тока плавки ведется по проводу марки АС-95. Полное сопротивление плавки.

$$Z = 0,5 \times 16,2 = 8,1 \text{ ом}$$

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 8,1} = 427 \text{ а}$$

удовлетворяет требованиям для проводов обеих марок: АС-95 и АС-120.

Все параметры плавки приведены на чертеже.

На черт. № 573 показана другая схема плавки на участке п/ст К. Максимова - п/ст Чегодаево - п/ст Чегодаево - Куст № 7. Питание схемы осуществляется от шин 6 кв п/ст К. Максимова; закоротка устроена Куст № 7. Протяженность участка 13,5 км.

Сопротивление обогреваемой цепи $Z = 0,49 \times 13,5 = 6,6 \text{ ом.}$

Расчётный ток плавки

$$I_{\text{расч.}} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 6,6} = 521 \text{ а}$$

удовлетворяет требованиям.

Г. Схемы плавки гололеда на ЛЭП-110 кв в мелко- гололедных районах

На остальных линиях электропередачи 110 кв Башкирэнерго, проходящих через районы, где гололедообразование является редким явлением, плавка гололеда запроектирована от шин 110 кв Селеватовской ТЭЦ, ТЭЦ № 4 и строящейся Павловской ГЭС. ОРГЭС считает нецелесообразным и неэкономичным осуществлять плавку гололеда на линиях мелкогололедных районов напряжением 10 кв или 35 кв, так как для этого пришлось бы соорудить перемычки на многих станциях и подстанциях. Капитальные затраты на каждую перемычку определяются суммой порядка 10-15 тысяч рублей. Стоимость одной плавки напряжением 110 кв,

которая охватывает цепь протяженностью порядка 200 км, составляет не более 4-5 тыс. рублей при себестоимости электроэнергии в системе Башкирэнерго 10 коп/квтч.

Примером такой линии, проходящей через район малой гололедности, не имеющей на промежуточных подстанциях ни перемычек, ни закороток, является схема плевки, показанная на черт. № 574, от ТЭЦ-4 до УРУССУ ГРЭС, протяженностью 202 км /345 км в одноцепном исчислении/.

Такие же схемы запроектированы и для других линий 110 кв:

1. Салаватская ТЭЦ - Стерлитаемская ТЭЦ - п/ст Дема - п/ст Чишмы - п/ст Давлеканово - п/ст Ревки, протяженность 260 км.

2. Павловская ГЭС - п/ст Симская - п/ст Завилово - п/ст Улу-Теляк - п/ст Тавтимоново - ТЭЦ-3 - п/ст Западная, протяженностью 220 км и др.

У. РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА НА ЛИНИЯХ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Стационарные установки по плавке гололеда должны предусматриваться для всех линий электропередачи не ниже III района гололедности.

Мероприятия по плавке гололеда должны включаться в дельнейшем, как составная часть проектов линий электропередачи.

Для успешного выполнения проектов по плавке гололеда Отделы изысканий и отделы электрических сетей должны тщательно изучить метеорологические условия на основе фактических данных о гололедных и ветровых нагрузках в районах проектируемых линий электропередачи.

В сметно-финансовых расчётах проектов линий должны предусматриваться соответствующие средства для осуществления схем плавки гололеда.

Если линия может быть отключена от потребителей на время плавки гололеда, то наиболее простым и оперативным способом плавки является способ плавки током трёхфазного короткого замыкания. Этот способ не требует установки специального оборудования. Для устройства схемы плавки гололеда достаточно точно подключить линию непосредственно или с помощью перемычек к шинам станции или подстанции и устроить закоротку в конце линии. Опыт показывает, что почти всегда можно отключить линию на I-2 часа от потребителей, так как ответственные потребители большей частью снабжаются электроэнергией по двухцепным линиям, которые дают возможность плавить гололед поочередно - сперва на одной цепи, а затем на другой.

Если линия не может быть отключена от потребителей на время плавки, то можно применить другой простой способ плавки, также не требующий специального оборудования, ни перемычек, ни закороток - способ перераспределения нагрузок. Необходимы для плавки сила тока обеспечивается отключением параллельных цепей, разрезанием колец, переводом дополнительных потребителей на обогреваемую линию и т.п.

Только в редких случаях, при невозможности использовать эти простые способы плавки гололеда, следует выбрать другой способ плавки среди изложенных в разделе II.

Схема плавки током трёхфазного короткого замыкания состоит из следующих основных элементов: источника питания, перемычки, обогреваемой линии, закоротки, разъединителя и выключателя.

Источником питания схемы плавки, в зависимости от протяженности обогреваемой линии, могут быть любые шины станции или подстанции. Следует только иметь в виду, что напряжение плавки не может быть выше номинального напряжения обогреваемой линии. Источником питания для линий электропередачи 110 кв могут быть шины 110, 35 или 6-10 кв; для линий электропередачи 35 кв - шины 35 и 6-10 кв, а для линий электропередачи 6-10 кв - шины 6-10 кв.

Если при плавке гололеда происходит значительная посадка напряжения на общих шинах, можно вести плавку в зависимости от местных условий, от шин, специально выделенных для плавки гололеда и питаемых специально для этого выделенными генераторами или трансформаторами.

Перегрузка генераторов допускается не более 10% от номинального тока, а перегрузка силовых трансформаторов во время плавки не должна быть больше 40% от номинального тока.

Перемычка между шинами питания плавки и обогреваемой линией необходима в случаях, когда номинальное напряжение обогреваемой линии выше напряжения плавки. Для линий 110 кв перемычки устраиваются, если плавка ведется от шин 35 или 6-10 кв; для линий 35 кв - в случае, если плавка производится от шин 6-10 кв. При плавке гололеда на ЛЭП-110 кв, ЛЭП-35 кв и ЛЭП-6-10 кв номинальным напряжением линий, плавка ведется непосредственно от соответствующих шин и перемычки в данном случае не нужны.

Серьезным вопросом является выбор схемы простой надежной и безопасной перемычки на станции или подстанции. Перемычка должна соответствовать особым условиям каждой станции или подстанции.

Перемычку можно выполнить кабелем. При этом не загромождается территория станции или подстанции и упрощается ее монтаж. Так как плавка гололеда длится несколько часов в году, то можно допустить значительную перегрузку кабеля /до 40%/ на время плавки.

Перемычку можно выполнить также подвеской проводов на специальном шинном мосту или на металлических порталах на станции или подстанции / черт. № № 565, 566 и 567/. Высота подвеса нижнего провода должна быть не ниже 3,5-4 м.

При проектировании плавки гололеда на линиях в электрической системе следует, в целях экономии капитальных затрат, устраивать перемычки не ограниченном числе станций и подстанций /см. Курмертауский узел, гл. IV, Б/.

Протяженность обогреваемой линии зависит от напряжения плавки и от марки провода. Для линии 110 кв с проводом марки АС-150 /максимальный ток плавки 645 а; полное сопротивление 0,45 о жкм/ длине обогреваемой линии

$$\rho = \frac{U_{\text{пл}}}{\sqrt{3} I_{\text{пл}} Z},$$

где: $U_{\text{пл}}$ - напряжение плавки,
 $I_{\text{пл}}$ - ток плавки,
 Z - полное сопротивление провода.

При напряжении плавки 110 кв можно обогревать линию длиной порядка 220 км; при напряжении плавки 55 кв - линию длиной около 70 км, а при напряжении плавки 10 кв - участок порядка 20 км.

При других мерках провода протяженность обогреваемой линии будет меняться, сохраняя соответствие с напряжением плавки.

Плавка гололоде напряжением 110 кв требует большого расхода мощности, порядка 150 Мве и поэтому может проводиться только в часы пика нормального графика негрузки.

Для ускорения сборки и разборки схемы плавки гололоде следует устраивать закоротки на станциях или подстанциях на спусках к линейным разъединителям.

Если закоротка не может быть устроена на станции или подстанции, то ее можно устроить на опоре линии вблизи пункта, оборудованного связью, на котором в зимнее время постоянно находится эксплуатационный персонал черт. № 568.

Токи плавки гололеда в зависимости от марки провода

Марка провода Токи [А]	АС										М				
	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	35	50	70	95	120
Допустимая длительная токовая нагрузка (по ПУЭ) $t_1 = 70^\circ; t_2 = 25^\circ$	170	220	275	335	380	445	515	610	700	800	220	270	340	415	485
Максимально допустимый ток плавки Пересчет данных ПУЭ ¹⁾ для $t_1 = 90^\circ$ и $t_2 = -5^\circ$	246	320	400	485	550	645	745	885	1000	1160	319	391	493	600	700
Максимально допустимый ток плавки с учетом скорости ветра. По ф-ле В.В. Буресдорфа ²⁾ для $t_1 = 90^\circ; t_2 = -5^\circ; v = 5$ м/сек.	317	407	513	639	733	865	1005	1196	1400	1710	411	525	651	803	965
Минимальный ток, препятствую- щий гололедообразованию с учетом скорости ветра По ф-ле В.В. Буресдорфа ³⁾ для $t_1 = 2^\circ; t_2 = -5^\circ; v = 5$ м/сек.	142	182	229	286	327	386	448	534	625	762	179	226	284	353	420

$$1) I_{90^\circ} = I_{70^\circ} \sqrt{\frac{90 - (-5)}{70 - 25}} = 1,45 I_{70^\circ}$$

$$2) I_{\max} = \sqrt{\frac{1}{R_{90^\circ}} \left[7,24 \left(\frac{318 + 0,5 t_2}{1000} \right)^3 \varepsilon_n d + 0,7 \sqrt{\left(\frac{v d}{z} \right)^3} \right] (90 - t_2)}$$

$$3) I_{\text{обор.}} = \sqrt{\frac{1}{R} \left[0,143 \varepsilon_n d + 0,82 \sqrt{\left(\frac{v d}{z} \right)^3} \right] (t_1 - t_2)}$$

t_1 - температура провода в °С

t_2 - температура воздуха в °С

v - скорость ветра в м/сек.

В стационарных установках присоединение перемычки к шинам и к обогреваемой линии и включение линии на короткую должно производиться с помощью разъединителя. Только для временных схем плавки гололеда / в I и II районах гололедности / следует предусматривать подключение перемычек и установку коротков с помощью болтовых зажимов.

Включение и выключение линии, подвергаемой плавке гололеда, должно производиться только выключателем, номинальное напряжение которого соответствует напряжению плавки. Включение линии на плавку в этом случае производится толчком

Ток плавки не должен нагревать провод больше, чем на 90°C . В таблице № I даны значения токов плавки в зависимости от марки провода и атмосферных условий:

1. Допустимые длительные токовые нагрузки, нагревающие провод до 70°C при температуре воздуха 25°C взяты из ПУЭ.

2. Пересчет токов ПУЭ для нагрева провода до 90°C при температуре воздуха -5°C сделан по формуле:

$$I_{90^{\circ}\text{C}} = I_{70^{\circ}\text{C}} \sqrt{\frac{90 - (-5)}{70 - 25}} = 1,45 I_{70^{\circ}\text{C}}$$

Эти значения токов соответствуют скорости ветра порядка 2 м/сек.

3. Значения токов, нагревающих провод до 90°C при температуре воздуха -5° и скорости ветра 5 м/сек.

4. Значения токов, нагревающих провод до 2°C при температуре воздуха -5°C и скорости ветра 5 м/сек.

При прочих равных условиях следует стремиться к максимальным токам плавки, так как при этих токах время плавки и потери энергии на рассеяние в окружающую среду получаются минимальными. Однако при выборе величины тока плавки следует иметь в виду сильную зависимость тока плавки от скорости ветра. При выборе максимального значения тока, соответствующему скорости ветра 5 м/сек, следует опасаться возможности пережечь провод в местах, где гололед уже успел упасть, при одновременном уменьшении скорости ветра в процессе плавки.

С другой стороны время плавки не должно быть очень малым / менее 15-20 минут /, так как быстрый сброс гололеда связан с опасностью подпрыгивания проводов, замыкания между фазами, оплыванием и пережогом проводов.

Поэтому ток плавки, как правило, следует выбирать без учёта скорости ветра.

Таблица № I дает широкий диапазон токов плавки для каждой марки провода между значениями токов ПУ Э и токами, пересчитанными для нагрева провода до 90°С при температуре воздуха - 5°С.

Расчётный ток плавки -

$$I_{\text{расч.}} = \frac{U_{\text{пл}}}{\sqrt{3} Z},$$

где:

$U_{\text{пл}}$ - напряжение плавки,

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ - полное сопротивление цепи плавки,

R и X - активное и индуктивное сопротивление цепи плавки, - не должен превышать величину тока, выбранного по таблице № I.

Подбор расчётной величины тока плавки осуществляется применением напряжения источника питания или изменением величины полного сопротивления цепи плавки.

Если сопротивление цепи плавки велико, то следует сократить протяженность цепи, устранив закоротку ближе к источнику питания; если сопротивление мало, то следует включить в цепь обогрев добавочный участок соседней линии, даже если этот участок не требует плавки гололеда.

В целях предохранения проводов от сжигания во время плавки при обогреве линий с разными марками проводов, ток плавки следует выбирать по проводу, допускающему наименьшее значение тока.

Выбранный таким образом расчётный ток плавки обеспечивает время плавки порядка 0,3 - 1 час. Длительность плавки можно проверить по формуле, приведенной в приложении № 2.

Однако значение расчётной величины тока плавки может отличаться от фактической величины тока, который будет протекать по цепи во время плавки.

Это может произойти вследствие отличия действительной длины провода от расчётной, не учтённых сопротивлений в контактах и возможного изменения напряжения на шинах в процессе плавки. Поэтому каждая схема должна быть экспериментально проверена с целью определения фактической величины тока и режима плавки.

Для надёжной работы схемы плавки в проекте следует обратить внимание на следующие вопросы.

а/ Неправильное выполнение контактов ведет к перегреву и разрушению проводов в режиме, поэтому следует предусмотреть надежное выполнение контактов или соединение проводов способом сварки. Последний способ избегает от необходимости регулярной проверки контактов, ибо электрическая характеристика сварного соединения не изменяется со временем и не отличается величиной активного и индуктивного сопротивления от целого места провода. Опыт применения сварки проводов в Севкавказэнерго изложен в информационном сообщении ОРГРЭС № 3-5/57 г "Соединение проводов без переходных контактов для линий электропередачи напряжением 35-110 кв"

б/ Если в цепи плавки неходятся трансформаторы тока, то допускается их перегрузка во время плавки до 50% от номинального тока. Выводы амперметров при этом следует зашунтировать. Если перегрузка трансформаторов тока превышает 50%, то необходимо их на время плавки зашунтировать или изменить схему плавки, исключив трансформаторы тока из цепи обогрева.

в/ Если в цепь плавки включены ошиновка стации или подстанции, то необходимо убедиться, что значение длительно допустимого тока ошиновки не ниже значения тока в цепи обогрева. В противном случае необходимо уменьшить ток плавки или изменить схему плавки.

При сильном обледенении проводов в первую очередь могут повреждаться провода связи, перерыв которых может сделать невозможным осуществление плавки. Поэтому в проекте линии передачи должна быть предусмотрена возможность использования линий связи, проходящих вне района, охваченного гололедом или должны быть предусмотрены беспроводная связь /радио/.

В редких случаях применения пофазной плавки гололеда следует определить влияние асимметричных токов электропередачи на проводе связи для того, чтобы предупредить связь о начале и длительности плавки, а также для определения степени влияния асимметрии токов на источник питания /известно, что генераторы не допускают перегрузок с асимметрией, превышающей 10%/. Вообще следует избегать способов плавки с асимметричными токами, допуская такие схемы только в крайнем случае невозможности применения способе плавки с симметричными токами.

Следует проанализировать работу релейной защиты в период плавки. В большинстве случаев величина токов срабатывания максимальной токовой защиты и токовой отсечки больше токов плавки. Поэтому эти виды защиты должны оставаться в работе без изменения величины тока срабатывания реле. Однако некоторые виды защит могут ложно срабатывать, так как режим работы сети во время плавки может значительно отличаться от нормального, поэтому следует изменить величину уставок у этих видов защиты или отключить их на время плавки.

В целях быстрого осуществления схемы плавки необходимо наблюдения за гололедообразованием на линии электропередачи и наблюдения за ходом плавки, линейные пункты следует располагать с учетом нужд плавки гололеда - на возвышенных местах, наиболее подверженным гололедообразованию, вблизи места коротки на линии и подобных местах.

Мероприятия по плавке гололеда в сильно гололедных районах /не ниже III района гололедности/ не должны носить временного характера, а должны быть стационарными и готовыми к включению в любой момент.

Для каждой схемы плавки гололеда должна быть составлена инструкция с ясным изложением последовательности операций сборки схемы, включения схемы в обогрев, выключения и разборки схемы после окончания плавки.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИРаздел III. 16. Проверка гололеда

§ 92. При определенных атмосферных условиях, чаще всего в начале и конце зимнего периода, когда температура воздуха близка к 0°C и оттепель сменяется похолоданием, провода и тросы линий электропередачи могут покрываться гололёдными образованиями в виде чистого гололеда, имея или изморози и их смеси, называемой обычно гололедом.

Чистый гололед представляет собой осадок в виде твёрдого, прозрачного или полупрозрачного льда с гладкой поверхностью. Гололед отличается значительной твёрдостью и прочностью. Удельный вес его неход. в град. $0,6-0,9$. В большинстве случаев образования гололеда находится между 0 и минус 3°C , в отдельных случаях - до минус 6°C .

Плотная изморозь /линей/ имеет вид белого кристаллического осадка, напоминающего собой снег. Она отлагается слоями с небольшими гребешками, обращенными в сторону ветра. Уд. вес $0,9 - 0,3$. X/

Температура отложения изморози минус $1,5^{\circ}$ до минус 10°C , в отдельных случаях до минус 20°C .

Смесь состоит из напластования изморози и гололеда, образующих плотную корку на проводе с уд. весом $0,3-0,6$. X/

Мокрый снег по внешнему виду не отличается от обычного, но обладает большой липкостью. Уд. вес мокрого снега $0,1 - 0,4$ X/. Температура, при которой мокрый снег налипает на проводе, близка к нулю.

Нарастание гололеда может происходить интенсивно и создавать значительные механические нагрузки, вызывающие обрыв проводов и разрушения опор.

Кроме того, при сбросе гололеда происходит подпрыгивание проводов при вертикальном их расположении, часто приводящее к замыканию проводов или провода с тросом.

§ 93. Для своевременного предупреждения аварий от гололеда в сильно гололедных районах должно быть организовано наблюдение за метеорологическими условиями, при которых начинается образование гололеда, а также за процессом его образования.

X/ По данным Муретова Н.С. : Уд. в. чистого гололеда $0,6-0,916$;
плотной изморози - $0,02-0,1$;
смеси - $0,2-0,6$.

Эти наблюдения должны состоять из:

- а/ наблюдений за образованием и нарастанием гололеда;
- б/ измерений гололедных нагрузок;
- в/ измерений силы ветра;
- г/ измерений окружающей температуры.

§ 94. Наблюдения за образованием и нарастанием гололеда производятся непосредственно на линиях или на специально оборудованных опытных пролётах линий, в районе расположения обслуживаемых линий в местах, удобных для наблюдения и имеющих такие же метеорологические условия, как и линии электропередачи.

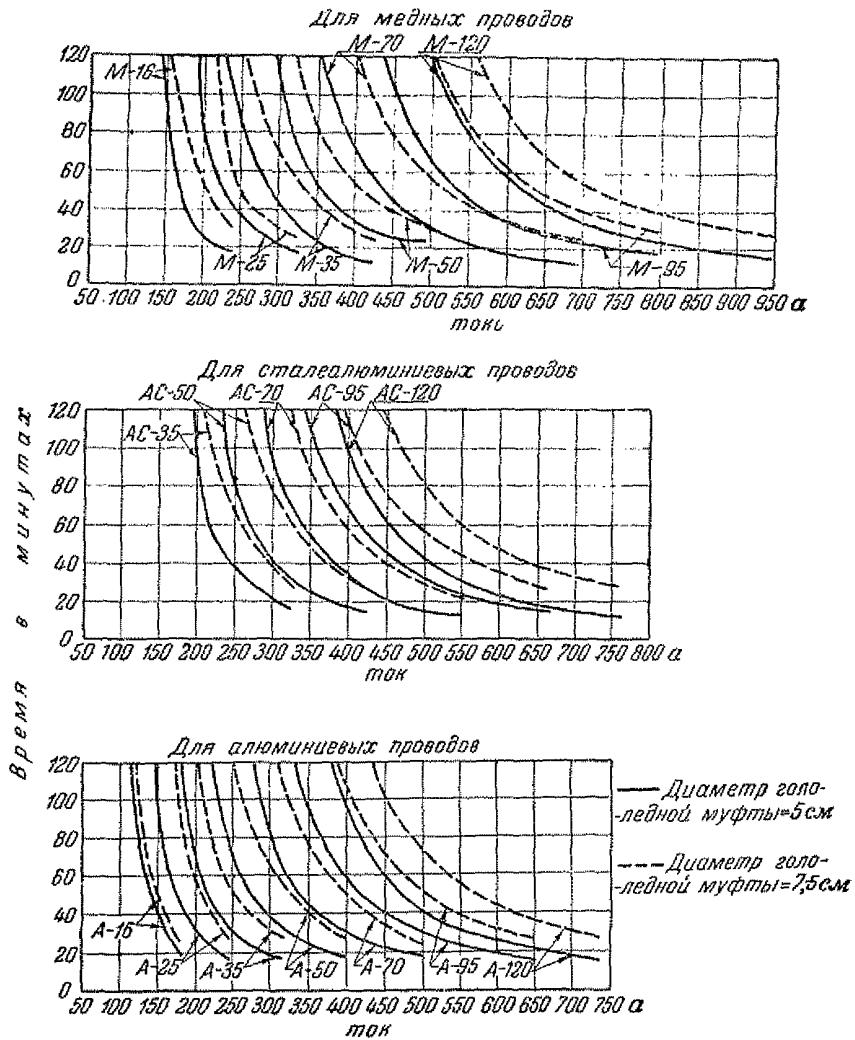
§ 95. Измерение гололедных нагрузок производятся при помощи специальных приборов - гололедографов, фиксирующих нагрузку от гололеда во всем пролете, или непосредственным взвешиванием гололеда, осевшего на единице длины провода /троса/, и измерением его размеров.

§ 96. Измерения силы ветра производятся с помощью анемометра или флюгера. Флюгер и термометр для измерения окружающей температуры устанавливаются вблизи той опоры, на которой ведутся наблюдения.

§ 97. Указанные в § 93 измерения производятся с момента появления признаков гололеда через короткие промежутки времени в зависимости от скорости нарастания гололеда и метеорологических условий.

Раздел У. 10. Борьба с гололедом

§ 187. В районах, подверженных гололеду / у дежурного по району/, должна быть местная инструкция по борьбе с гололедом, утвержденная главным инженером Управления сетей /энергосистемы, ЭК/.



Фиг. 17. Кривые времени плавки гололеда в зависимости от величины тока при $t = -5^\circ$ и $v = 5$ м/сек.

Инструкция должна содержать необходимые мероприятия по каждой линии в отдельности, которые должен предпринять дежурный по району, при наступлении атмосферных условий, вызывающих образование гололеда / §§ 92-97 настоящей инструкции/.

При составлении Инструкции необходимо учитывать, по каким гололедным условиям рассчитывалась каждая линия.

§ 188. Борьбе с обледенением, а при наличии гололеда удаление его с проводов /тросов/ производится путем:

а/ прогреве проводов негрузочным током или токами короткого замыкания /плавка гололеда/;

б/ механической очистки.

Профилактический прогрев и плавка гололеда электрическим током

§ 189. Метод плавки гололедных образований электрическим током заключается в доведении плотности тока в проводе /тросе/ до такой величины, при которой выделяющегося тепла достаточно для плавки образовавшегося гололеда.

§ 190. Для нагрева проводов линий могут применяться следующие основные способы:

1/ Увеличение рабочих нагрузок линии путем изменений схемы коммутации сети.

2/ Обогрев по способу короткого замыкания.

3/ Встречное включение трансформаторов.

§ 191. Для примера время и ток, необходимые для плавки гололеда для медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов при $t_0 = -5^{\circ}\text{C}$ и скорости ветра $U = 5$ м/сек приведены на фиг. 1.

§ 192. Нагрев проводов линии путем увеличения рабочих нагрузок на них может применяться в сетях, где посредством переключений можно получить на отдельных линиях рабочие токи, обеспечивающие плавку гололеда или невозможность его образования.

Нагрузку проводов рекомендуется применять как профилактическое мероприятие в начале гололедообразования кратковременными периодами, так как создание таких схем влечёт сильное понижение напряжения у потребителей.

§ 193. При плавке гололеда токами к.з. в зависимости от длины, сечения и материала провода линии необходимо иметь

на подстанции или электростанции напряжение, обеспечивающее получение тока к.з., достаточного для плавки гололеда /согласно кривым фиг. 1/, и необходимую мощность.

Получающийся ток к.з. при включении замкнутой линии и необходимая мощность для этого подсчитывается заранее.

Схемы линии для плавки гололеда даны на чертеже № 468 рис. 1 и 2, а приближенная формула для подсчетов токов к.з. приведена ниже:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{U_{\phi}}{e \sqrt{r^2 + X^2}},$$

где:

$I_{\text{к.з.}}$ - ток к.з.;

U_{ϕ} - фазовое напряжение;

e - длине замкнутого участка линии;

r - активное сопротивление, ом/км;

X - индуктивное сопротивление, ом/км.

Перед плавкой гололеда должна быть проверена вся схема на длительное пропускание тока к.з.

При плавке гололеда т.к.з. не рекомендуется пользоваться заземлениями подстанций и электростанций, а выполнять их отдельно.

Механическая очистка гололеда

§ 194. Для механической очистки проводов и тросов линий электропередачи от гололедных образований применяются следующие способы:

а/ обивка гололеда "Пырками" - короткими деревянными палками, бросаемыми с земли;

б/ обивка гололеда длинными шестами из бамбука, дерева или из бакелитовых трубок;

в/ очистка гололеда с помощью деревянной рогатки, накидываемой на провод и протаскиваемой вдоль очищаемого пролёта с помощью веревки.

§ 195. Основным требованием к применяемым способам механической очистки является отсутствие опасности механического повреждения или целостности провода.

Токи плавки гололеда.

§ 1. Тепловой баланс при плавке гололеда

Полное количество тепла, затрачиваемое при плавке на отрезке длины провода (1м) включает энергию, необходимую для:

- а) проплавления канавки в гололедно-изморозевой муфте A_n
- б) нагрева самой муфты A_H
- в) теплоотдачи в окружающую среду A_T

$$A = A_n + A_H + A_T$$

Энергия, необходимая для проплавления канавки, согласно экспериментам, равна:

$$A_n = 10 g_0 d v$$

где: v - толщина стенки осадка в см

d - диаметр провода в см

g_0 - вес осадка в $\left[\frac{g}{cm^3}\right]$

В качестве средних значений g_0 могут быть приняты

$g_0 = 0,9$ - для гололеда, $g_0 = 0,1$ для изморози

Энергия, расходуемая на теплоотдачу в окружающую среду равна

$$A_T = \frac{\Delta t}{R_{T_0} + R_{T_1}} \tau_2$$

где: Δt - температурный перепад между проводом

и воздухом в °C

T_2 - время обмерзания в часах

$K_{T0} = \frac{\rho g \frac{D}{2}}{273 \lambda}$ - внутреннее тепловое сопротивление гололедно-изморозевой муфты, найденное по классической формуле теплопередачи для цилиндрической муфты,

$D = 2b + d$ - внешний диаметр гололедно-изморозевой муфты

λ - коэффициент теплопроводности осадка, равный

$$\lambda = 2,27 \cdot 10^{-2} \frac{W}{cm^{\circ}C} \quad \text{для гололеда}$$

$$\lambda = 0,12 \cdot 10^{-2} \frac{W}{cm^{\circ}C} \quad \text{для изморози}$$

R_{T1} - внешнее тепловое сопротивление, учитывающее теплоотдачу в виде лучеиспусканий и конвекций.

Формула для R_{T1} , получена на основе экспериментальных данных

$$R_{T1} = [0,09 D + 0,22 + 0,73 \sqrt[3]{(\nu D)^2}]^{-1} \quad \text{для гололеда}$$

$$R_{T1} = [0,4 D + 0,84 \sqrt[4]{(\nu D)^3}]^{-1} \quad \text{для изморози}$$

Энергия, затрачиваемая на нагрев гололедно-изморозевой муфты, равна:

$$A_H = 0,045 g_0 D^2 \frac{\Delta t}{R_{T0} + R_{T1}} \left(R_{T1} + 0,22 \frac{R_{T0}}{\rho g \frac{D}{2}} \right)$$

Формула выведена на основе предположения, что гололедная муфта имеет цилиндрическую форму, а величина удельной теплоемкости асадка $C = 5,8 \cdot 10^4 \frac{\text{Wh}}{\text{g}^\circ\text{C}}$.
 Полная величина энергии A , затрачиваемая при плавке, должна быть равна энергии, выделяемой электрическим током на той же длине провода:

$$A = I_n^2 R T_2$$

где: I_n - ток плавки

R - сопротивление провода длиной 1м при 0°C

T_2 - время плавки в часах

Таким образом ток плавки равен

$$I_n = \sqrt{\frac{1}{R T_2} \left[\frac{\Delta t}{R_{T_0} + R_{T_1}} T_2 + 10 q_0 d b + \frac{0,045 q_0 D^2}{R_{T_0} + R_{T_1}} \left(R_{T_1} + 0,22 \frac{R_{T_0}}{l g \frac{D}{d}} \right) \Delta t \right]},$$

а время плавки

$$T_2 = \frac{10 q_0 d b + \frac{0,045 q_0 D^2}{R_{T_0} + R_{T_1}} \left(R_{T_1} + 0,22 \frac{R_{T_0}}{l g \frac{D}{d}} \right) \Delta t}{R I_n^2 - \frac{\Delta t}{R_{T_0} + R_{T_1}}}$$

§ 2. Тепловой баланс при профилактическом нагреве проводов

При профилактическом нагреве проводов гололеднообразовательный процесс будет невозможен в том случае, если температура провода $> 0^\circ\text{C}$.
 Принимая температуру провода t_1 , с небольшим запасом порядка $+2^\circ\text{C}$, минимально необходимая

сила тока обогрева, препятствующая гололедаобразованию, равна:

$$I_{об} = \sqrt{\frac{1}{R} [0,143 \epsilon_r d + 0,82 \sqrt{(v d)^3}] (t_1 - t_2)}$$

где: t_1 - температура провода в °C

t_2 - температура воздуха в °C

ϵ_r - постоянная лучеиспускания, равная

для окисленной меди 0,6,

окисленного алюминия 0,11

§ 3. Максимально допустимые токи и время плавки гололедных образований.

Максимально допустимые значения токов обуславливаются:

- а) отсутствием снижения механической прочности проводов линий электропередачи;
- б) надежностью работы соединительных зажимов по всей цепи плавки;
- в) отсутствием нагрева оборудования выше допустимого.

Аппараты, включенные в цепь плавки (трансформаторы тока, разветвители и т.п.) по отношению к токам плавки, как правило, термически устойчивы. В тех случаях, когда имеется опасность

перегрева, следует эти аппараты на время плавки шунтировать перемычками.

Провода воздушных линий без ущерба для их механической прочности могут иметь температуру до 90°C. Линейные зажимы в исправном состоянии имеют температуру, значительно меньшую, чем провод (на 20-30°C) в силу чего на сравнительно кратковременный период плавления золота в качестве допустимой температуры может быть принята равная 90°C, какую надлежит положить в основу расчетов.

Максимально допустимый ток плавки находится по формуле:

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{1}{R_{90^\circ}} \left[7,24 \left(\frac{318 + 0,5 t_2}{1000} \right)^3 \varepsilon_n d + 0,7 \sqrt{\left(\frac{rd}{2} \right)^3} (90 - t_2) \right]}$$

где: R_{90° - сопротивление в омах 1 м. провода при 90°C

t_2 - температура окружающего воздуха в °C

v - скорость ветра в м/сек.

В качестве средней величины при отсутствии измерений скорости ветра можно принять $V = 2$ м/сек.

С С С Р
 Министерство электростанций
 Эксплуатационное Управление

Приложение № 3

18 марта 1958 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО № ЭУ-7

О СИГНАЛИЗАТОРЕ ГОЛОЛЕДА

На одной тупиковой подстанции 35/6 Ялтинского сетевого района, расположенной на высоте 1200 мм над уровнем моря, в районе частых и весьма сильных обледенений, установлено устройство сигнализации гололёдообразования на проводах питающей ЛЭП 35 кв, разработанное и осуществленное коллективом работников сетевого района.

В качестве датчика сигналов в указанном устройстве применен динамометр типа ДДВ-3. Динамометр подвешен между опорой и натяжной гирляндой во втором пролёте ЛЭП от подстанции и измеряет тяжесть в гирлянде. Во избежание обледенения динамометра, он заключён в металлическом кожухе.

На шкале динамометра установлены два контакта, замыкаемые стрелкой прибора. Положение контактов выбрано таким образом, что первый контакт замыкается при гололёде со стенкой 1 см, а второй при гололёде со стенкой 2 см. Контакты можно передвигать, фиксируя их положение для необходимых тяжестей.

При замыкании контактов запускаются сигнальные реле, действующие на телеустройство типа ВРГ, передающее сигналы: "предупреждение о гололёде" - /I контакт/ и "аварийный гололёд" - /II контакт/ на питающую подстанцию, где расположен РДП и имеется установка для плавки гололёда.

При появлении первого сигнала организуется учтенное наблюдение, потребители предупреждаются о возможном отключении ЛЭП для плавки гололёда, запрашивается разрешение диспетчера системы на плавку. При втором сигнале производится плавка.

Спыт эксплуатации устройства в течение двух зимних сезонов показывает, что оно надежно действует в любое время суток и при любых атмосферных условиях.

Учитывая простоту и надежность описанного устройства, Эксплуатационное Управление считает целесообразным его внедрение в гололёдных районах.

П.п. Начальник Эксплуатационного
 Управления

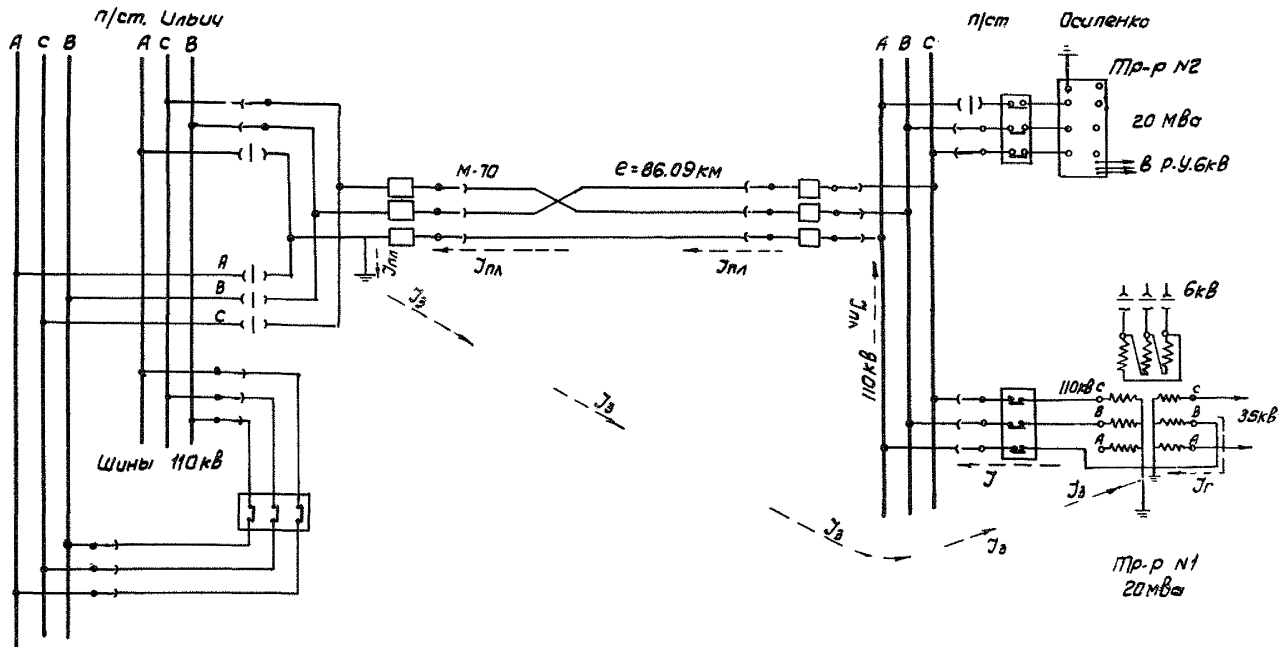
Д. Котилевский


С П И С О К

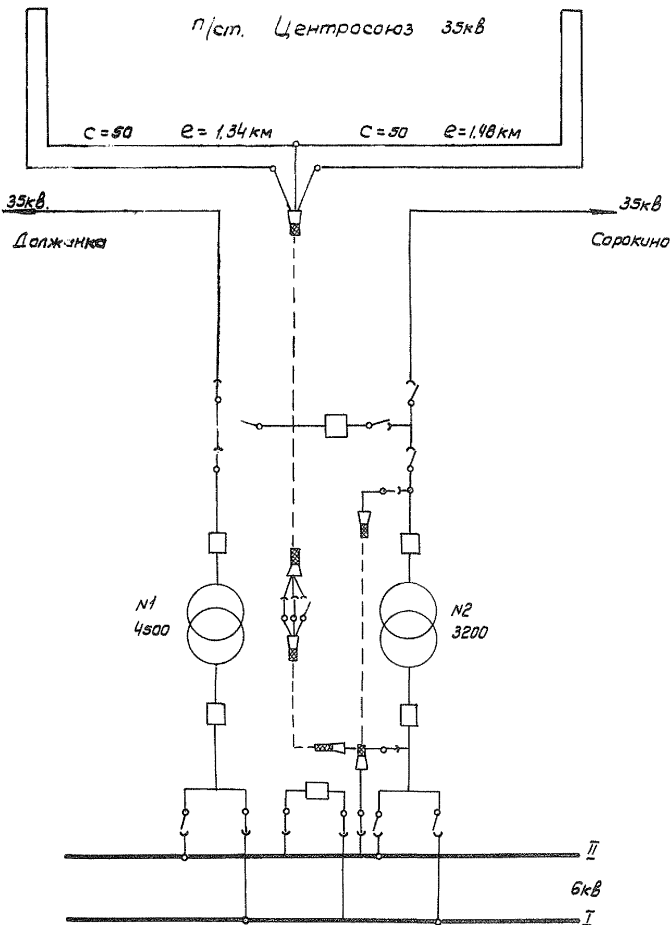
литературы и материалов, использованных
в работе

1. Бургсдорф В.В. "Сооружение и эксплуатация линий электропередачи в сильно гололедных районах", 1947 г.
2. Муретов Н.С. Гололедные образования на воздушных линиях связи и электропередачи, 1945 г.
3. Правила устройства электроустановок. Раздел I, общие правила, 1957 г.
4. Инструкция по эксплуатации линий электропередачи.
5. Глазунов А.А. Электрические сети и системы, 1954 г.
6. Анализ аварий в энергосистемах Министерства электростанций за 1954 г., Госэнергоиздат, 1955 г.
7. Анализ аварий в энергосистемах Министерства электростанций за 1955 г. Госэнергоиздат, 1956 г.
8. Кемудерия И.М. и Чиракядзе Г.И. О гололедообразовании на проводах высоковольтных линий электропередачи, Электрические станции № 9 за 1956 г.
9. Баженов П.И., Отложение мокрого снега на проводах линий электропередачи, Электрические станции № 10 за 1957 г.
10. Казак, Плавка гололеда на проводах и тросах линий электропередачи 110 кв, Электрические станции № 2 за 1957 г.
11. Якуша Г.Б. Плавка гололеда на линиях 35-110 кв с помощью реактора, электрические станции № 11 за 1952 г.
12. Освобождение линий от гололеда /14 ЗИО/, Реферативный журнал Электротехника № 7 за 1957 г.
13. Плавка гололеда на линиях 330 кв /США/, Реферативный журнал Электротехника № 9 за 1957 г.
14. Покмаг, Исследование гололедообразования на линиях электропередачи в норвежских горах /18324/, Реферативный журнал Электротехника № 10 за 1956 г.
15. Сарайда, Нагрузка на провод при обледенении /21572/, Реферативный журнал Электротехника № 10 за 1956 г.
16. Кольчки, Образование гололедных и снеговых нагрузок /21574/, Реферативный журнал Электротехника № 12 за 1956 г.

17. Спедерна, Как рассчитать плавку гололеда линии /10096/, Реферативный журнал Электротехника № 6 за 1956 г.
18. Пфундер, Плавление зимних дополнительных нагрузок высоковольтных воздушных линий в США /21571/, Реферативный журнал Электротехника № 10 за 1956 г.
19. Авария в Линкольншире, вызванная снежной бурей /8150/, Реферативный журнал Электротехника № 2 за 1957 г.
20. Якуб Ю.А. Энергохозяйство за рубежом, Электрические станции № 4 за 1954 г.
21. Благонедешин, О контроле за гололедообразованием, Электрические станции № 2 за 1957 г.
22. Гелустов А.А., Опыт эксплуатации гололедописцев конструкции ТНИ СТЭИ, Электрические станции № 10 за 1955 г.
23. Дистанционный индикатор гололеда /563/, Реферативный журнал Электротехника № 1 за 1957 г.
24. Дистанционный указатель гололеда, опасного для линий электропередачи /10083/, Реферативный журнал Электротехника № 5 за 1957 г.
25. ЦНИЭЛ, Инструкция по плавке гололеда и изморози на линиях электропередачи, 1952 г.
26. Материалы по гололеду Эксплуатационного Управления МЭС. Письма Д. Котилевского всем энергосистемам /от 7.1.1958 г. № ЭУ-2 и от 30.1-1958 г. № 82-2/ и ответы энергосистем СССР.
27. ОРГРЭС, Разработка схем плавки гололеда на линиях электропередачи 35-110 кв. Башкирэнерго, линиях электропередачи 35 кв Минсельхоза БАССР и линиях электропередачи 6-35 кв Шкэповского нефтяного района Башнефти.
28. Приказ Министерства электростанций от 28.1-1958 г. № 5.
29. Приказ по ВГПИ "Теплоэлектропроект" от 11/II-58 г. № 47
30. Приказ по ВГПИ "Теплоэлектропроект" от 29/III-58 г. № II2
31. Информационное письмо Управления Эксплуатации МЭС № ЭУ-7 от 18.III-1958 г. "О сигнализаторе гололеда".



 Москва 1968	Отделение Дальних Передач		Типовая		N 470/02.1
	Отдел электрических расчетов		Схема обходной планки		
	Рукав, группы	В. Кошкин	Цафаре	голова на проводах	
Инженер	А. Сивки	Сивева	ЛЭП 110кВ Ульич-Осипенко	М-8	
			(для фазы А), от тр-ра	Ст. пр.	
			20 мВ напряжением 110/35/6кВ	Проект	Ульич



Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Руковод. группы	<i>М. Кофеев</i>	Цифры
Инженер	<i>Алиев</i>	Синева

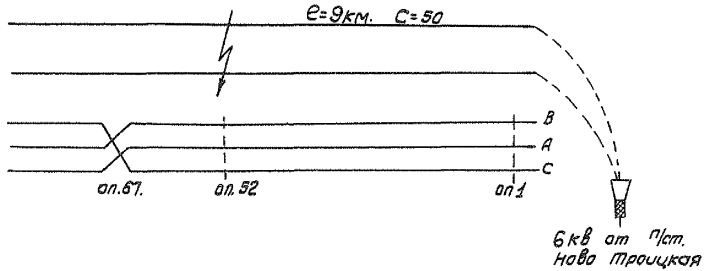
Трассовая

Схема плавки гололеда на трассовых подпорах 13П-35кВ, Центросоюз-Далжанка.

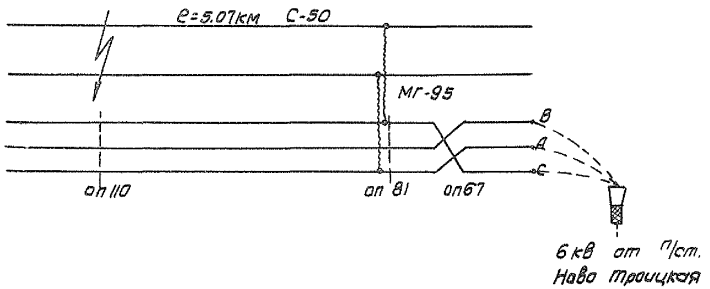
N 472/054

Масшт.	
Ст. пр.	
Провер.	<i>Алиев</i>

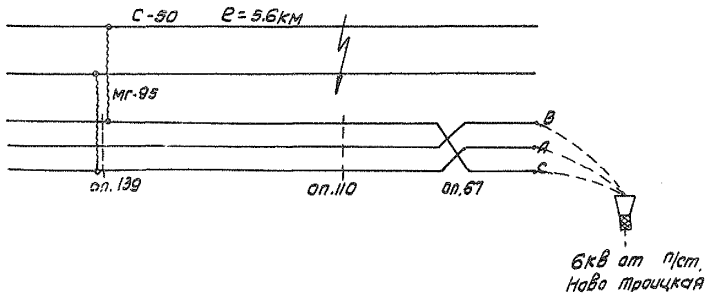
I Участок опор NN 1-52



II Участок опор NN 81-110



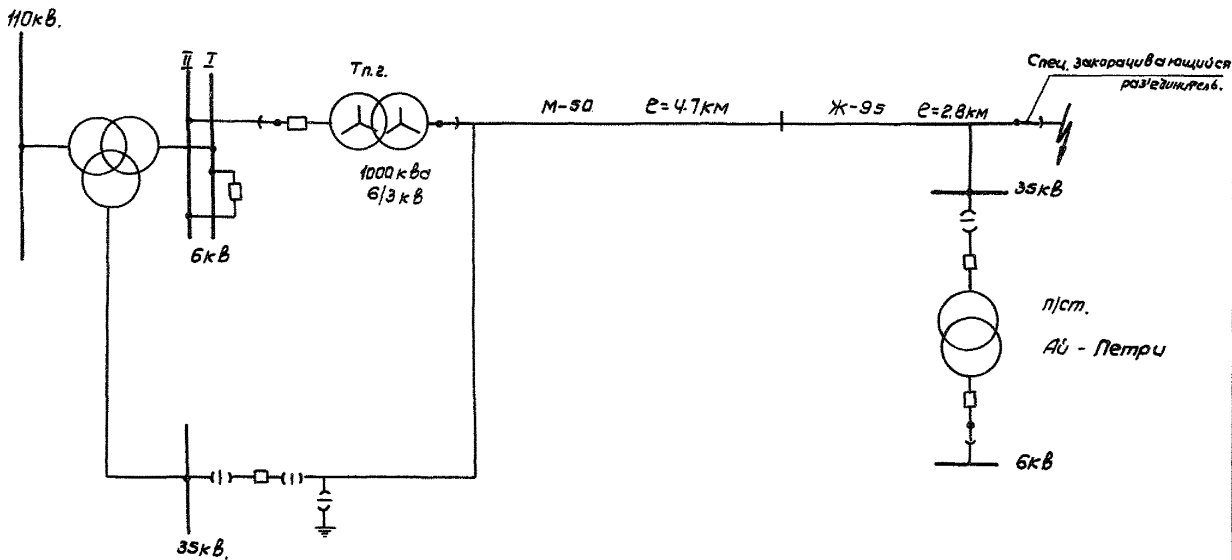
III Участок опор NN 110-139



<p>г. Москва 1998г.</p>	Отделение Дальних Передач, Отдел электрических расчетов		Тупаева		N 473/0.04	
	Руководитель группы		Исаяева			Максимум
	Инженер		Синева			Ст. пр.
					Провер	

Схема плавки гололеда
на трассах ЛЭП 110 кв
Н. Троицкая - Ильич

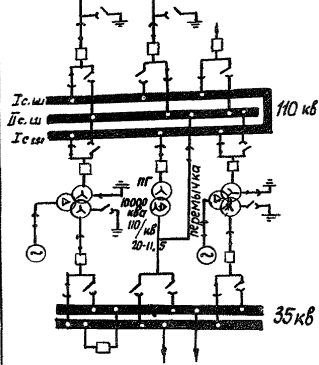
п/ст. Ялта.



 г. Москва 1956г.	Отделение Дальних Передач Удел Электрических расчетов			Типовая		N 474/0011	
	Рук. груп.	Цифре	И.И.И./И.И.И.	Схема планки голаледа на			Лист
	Инженер	Синева	А.В.И./И.И.И.	ЛЭП 35кВ Ялта- Ай-Петри (т.к.з.)			Ст.пр. Прове- рил
Исполнил							

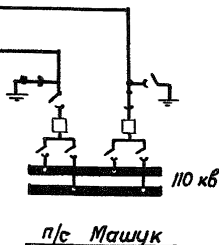
ЛЭП 110 кВ N1 56,3 км МГ-70 (39,6 км) АС-120

ЛЭП 110 кВ N2 56,3 км АС-120



Баксанская ГЭС

	Плавка на линии	
	Л-1	Л-2
Напряжение плавки - кВ	20 (Л)	20 (Л)
Ток плавки - а	380	412
Мощность плавки - кВа	13200	14300
Плотность по проводу а/мм ²	5,4 (МГ-70)	3,44 (АС-120)
	3,44 (АС-120)	



Примечания:

1. Плавка Л-1 и Л-2 поочередно.
2. При плавке соединение обмоток тр-ра ПГ-звездой.
3. Плавку гололеда на Л-1 следует организовывать при логонном весе гололеда - 2 кг/м а на Л-2 - при 3 кг/м.
4. Плавка гололеда от специального трансформатора ПГ 10 мВа напряжением 110/20-11,5 кВ

Копия с чертежа ОРГРЭС



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Рук. зр.	Щафре	А. Сидоров
Инженер	Синева	А. Сидоров

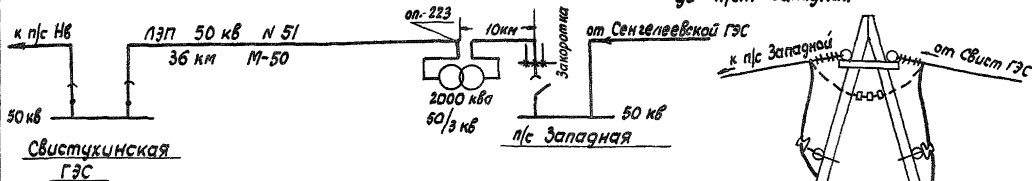
типовая

Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кВ током трехкратного к. з. Ставропольский энергокомбинат

N475/0221

Лист	
Ст. пр.	
Пров-рил.	А. Сидоров

Схема плавки гололеда на участке ЛЭП 50 кв Ставропольского энергокомбината от опоры № 223 до п/ст Западная



Напряжение плавки кв	~ 3
Ток плавки а	325-400
Мощность плавки кВа	~1850
Плотность тока а/мм ²	6,5-8

- Примечания:
1. Плавка гололеда организовывается при гололеде весом 1,5 кг/м
 2. На период плавки концы шлейфов опоры № 223 разводятся и подсоединяются к соответствующим выводам трансформатора "ПГ"

Установка трансформатора плавки гололеда "ПГ" под анкерной опорой № 223 ЛЭП 50 кв № 51



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Рук. гр.

Цоффе

Инженер

Синева

типовая

Схема плавки гололеда на участке ЛЭП 50 кв токком 3-фазного короткого замыкания от спец. трансформатора

№ 476/020

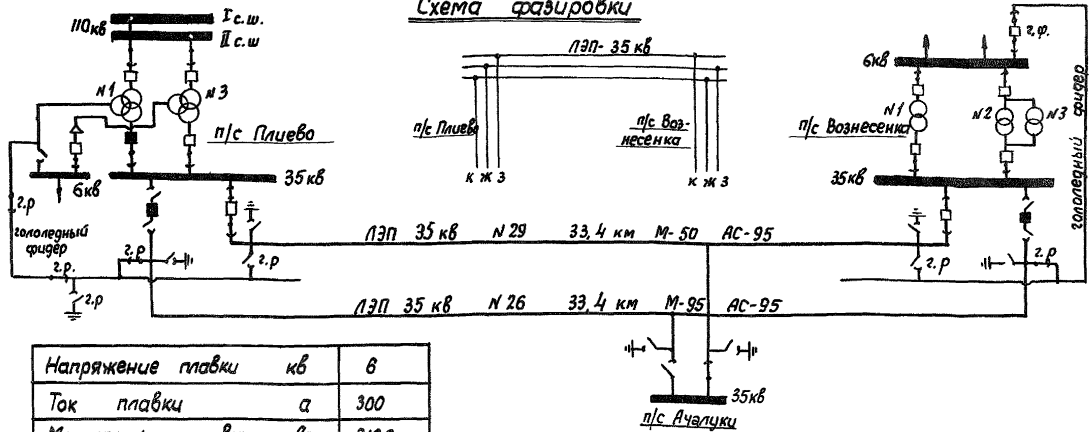
Лист

Ст. пр.

Проверил

Копия с чертежа ОРГЭС

Схема фазировки



Напряжение плавки	кв	6
Ток плавки	а	300
Мощность плавки	кВа	3100
Плотность тока а/мм ²	М-50	6
	М-95, АС-95	3,16

Копия с чертежа ОРГЭС

Примечания:

1. Плавка л-29 и л-26 поочередно.
2. Плавка гололеда организовывается при толщине стенки гололеда с каждой стороны 10 мм или 20 мм с одной стороны.
3. з.р. - раз'единитель плавки гололеда



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Рук. зр.	Уорфе	и.кофр
Инженер	Синева	Алиев

типовая

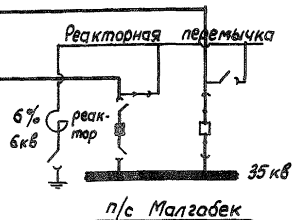
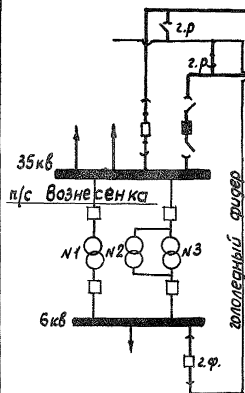
Схема плавки гололеда методом встречного включения на ЛЭП 35 кВ Севкавказэнерго

№ 477/од, П

Лист	
Ст. пр.	
Прове-рил	Алиев

ЛЭП 35 кВ N 28 16,8 км М-50, М-95, АС-95

ЛЭП 35 кВ N 27 16 км АС-50



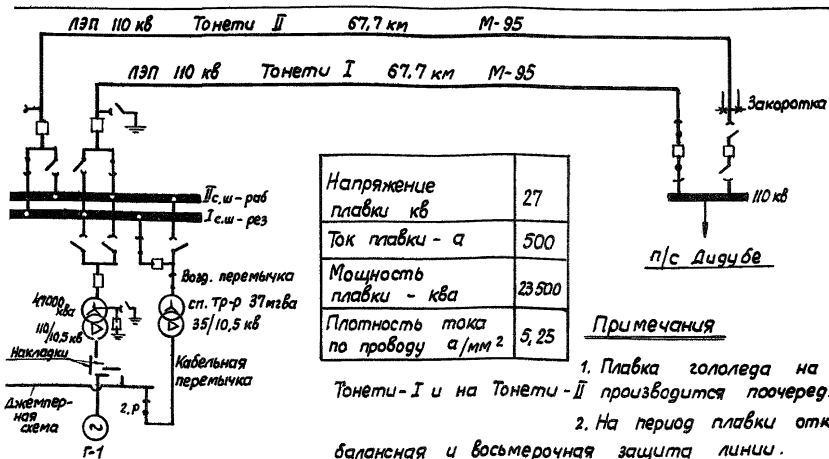
Напряжение плавки кВ	6	
Ток плавки	а	320
Мощность плавки кВа	3350	
Плотность тока а/мм ²	М-50 АС-50	6,4
	М-95 АС-95	3,4

Примечания:

1. Плавка Л-27 и Л-28 поочередно
2. Плавка организовывается при толщине гололеда с каждой стороны 10 мм или 20 мм с одной стороны.
3. Реактор (6%, 6 кВ) установлен для уменьшения тока к.з.

Копия с чертежа ОРГЭС

	Отделение Дальних Передач Отдел электрич. расчетов			типовая	N 478/020
	Рук. гр.	Шафре	М. Кошуров	Схема плавки гололеда т. к. з. с применением однофазных реакторов на ЛЭП 35 кВ. Севкавказэнерго	
Инженер	Синева	Алиев			Ст. пр.
					Проверил



Напряжение плавки кв	27
Ток плавки - а	500
Мощность плавки - ква	23500
Плотность тока по проводу а/мм ²	5,25

Примечания

1. Плавка гололеда на Тонети-I и на Тонети-II производится поочередно
2. На период плавки отключается балансная и восьмерочная защита линии.
3. 2.р-разъединитель цепи плавки.
4. Плавка гололеда от специального тр-ра 37 мва

ам ГЭС

чертежа ОРГЭС

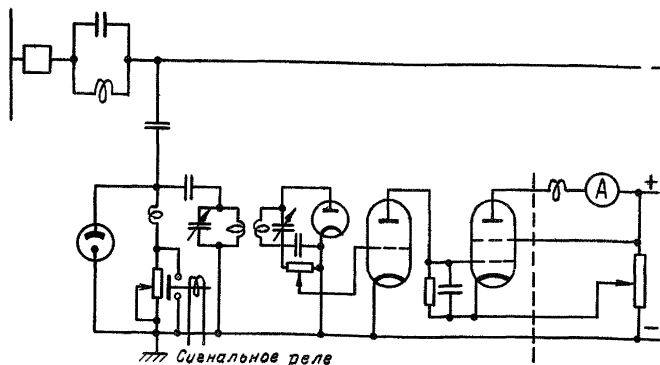


2. Москва 1958г.

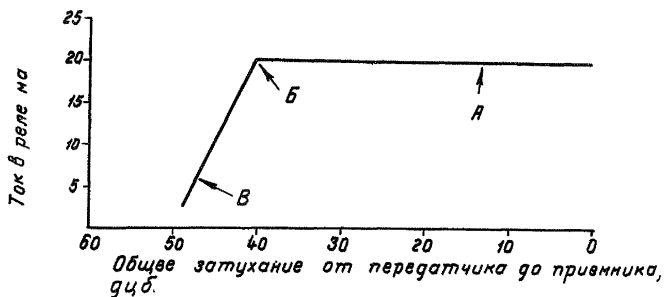
Отделен. Дальних Передач Отдел электрических расче		
Рук. зр.	Цоффе	и. Кофеев
Инженер	Синева	С. Синева

типовая
Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв током трехфазного короткого замыкания груз-энерго

N 480/62 М	
Лист	
Ст. пр.	
Провер	С. Синева

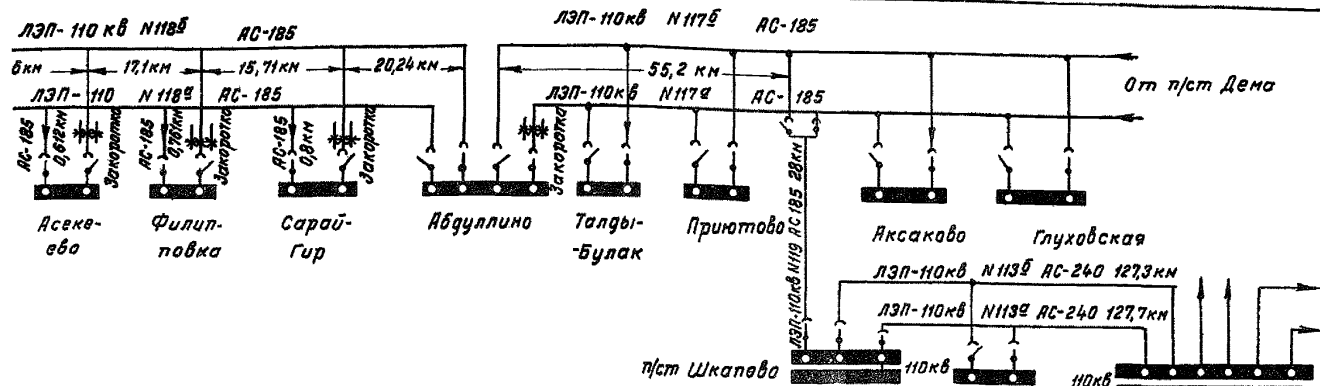


1. Принципиальная схема включения реле для сигнализации о ледообразовании в комплект высококачественной защиты линии.



2. Характеристика указателя гололеда

 г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Т и п о в а я		N 555/000	
	Рук. группы	Шофре	Сигнализация		лист	
	Инженер	Аутберг	о появлении гололеда на линии электропередачи		Ст. пр.	
					Проверил	



Гр. ч. раз. ч. ч. плавки	Так плавки-а					Мощность плавки-кв					Плотность тока по проводу, а/мм ²					Загрузка тр-а групп 75 кв. в. 315 кв. в. Салават. ТЭЦ ток. плавки - %											
	120 кв	117 кв	115 кв	110 кв	105 кв	120 кв	117 кв	115 кв	110 кв	105 кв	120 кв	117 кв	115 кв	110 кв	105 кв	120 кв	117 кв	115 кв	110 кв	105 кв							
ТЭЦ-1 (0,355)	784	773	760	730	695	285000	255000	250000	230000	220000	4,26	4,20	4,16	4,11	4,06	3,97	3,95	3,94	3,75	3,75	3,63	2,9	144	144	144	133	126
ТЭЦ-2 (0,357)	720	700	690	660	630	280000	240000	230000	210000	200000	3,89	3,80	3,78	3,74	3,72	3,67	3,65	3,64	3,44	3,44	3,29	2,63	131	127	126	120	115
ТЭЦ-3 (0,362)	670	654	641	615	586	280000	240000	230000	210000	200000	3,62	3,54	3,53	3,49	3,47	3,43	3,41	3,40	3,24	3,24	3,09	2,44	122	119	117	112	107
ТЭЦ-4 (0,365)	630	615	604	578	551	280000	240000	230000	210000	200000	3,4	3,32	3,29	3,26	3,24	3,17	3,17	3,17	2,98	2,98	2,83	2,26	115	112	110	105	100

Примечания:
 1. Плавка может производиться от Сарай ТЭЦ до Абдуллино, до Сарай-Гура, до Филипповки, до Аскаевво или Бузурслан с установкой на последних закоротках
 2. На п/ст. Шкапово линии, на которых производится плавка голледа, выделяются на отдельную систему шин 110кВ.
 3. Включение в схему плавки N113В или 113В, N117В или 117В, N118В или 118В - поочередно.
 4. При плавке до одной из п/ст от Абдуллино до Бузурслан, включая Бузурслан, п/ст Абдуллино обестачивается. Шины 110кВ п/ст Абдуллино используются для транзита тока плавки.

огласовано
 7чер Башкирэнерго
 1Башкирэнерго
 ВС Башкирэнерго
 с чертежа ОРГРЭС

(Ереин)
 (Генин)
 (Орлов)

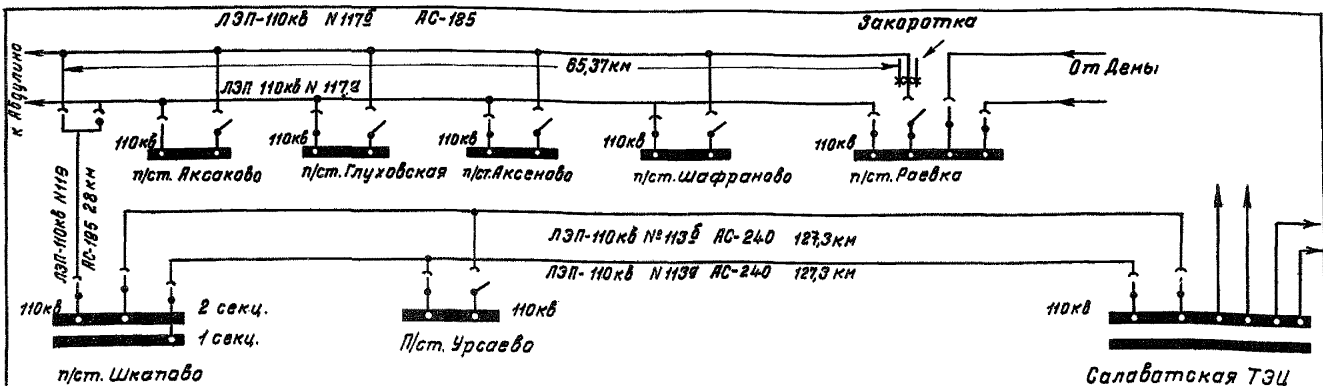


в. Москва
 1958г.

Отделение Дальних Передач
 Отдел Электрических расчетов
 Рук. группы Цофаре М. Соколов
 Инженер Рутберг В. В.

Типовая
 Схема плавки голледа на ЛЭП-110кВ N113, N119, N117, N118 от Салаватской ТЭЦ до одной из тяговых п/ст ЛЭП N118 напряжением 110кВ Провд-с шин 110кВ Салаватской ТЭЦ

N556/опп
 Лист
 Ст. пр.
 Провд-рил



Напряжение плавки - кв	120	117	115	110	105	
Ток плавки - а	755	735	723	693	660	
Мощность плавки кВа $\cos \varphi = 0,954$	137000	149000	144000	132000	120000	
Плотность тока по проводу а/мм ²	АС-240	3,15	3,06	3,01	2,89	2,75
	АС-185	4,07	3,97	3,9	3,74	3,56
Загрузка тр-ной группы 7500кВа + +31500кВа - 106500кВа Салаватской ТЭЦ током плавки %	137	134	132	126	120	

- Примечания:
1. На п/ст. Шкапово ЛЭП-110кВ, на которых производится плавка гололеда, выделяются на отдельную систему шин.
 2. Включение в схему плавки ЛЭП №113Б или 113А №117Б или №117А - поочередно.
 3. При плавке на ЛЭП-117Б вводы от этой цепи на всех п/ст. от Равьки до Абдулино отключаются; аналогично при плавке на ЛЭП №117А.

Согласовано:
Гл. диспетчер Башкирэнерго
Нач. ПТО Башкирэнерго
Гл. инж. ЧВЭС Башкирэнерго
Копия с чертежа ОРГЭС

Ереин)
(Генин)
(Орлов)



г. Москва
1958 г.

Отделение Дальних Передач
Упдел электрических расчетов

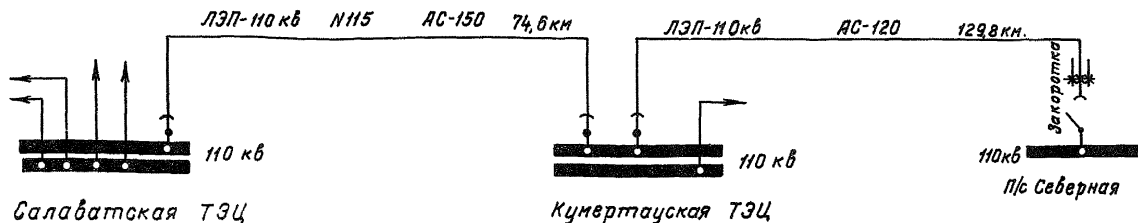
Руководитель Шофаров М. Шифер
Инженер Рутберг В. В.

Типовая

Схема плавки гололеда на
ЛЭП 110кВ, Салаватская ТЭЦ
п/ст Шкапово - п/ст. Равька
напряжением 110кВ с шин 110кВ
Салаватской ТЭЦ

№557/019

Лист
Стр. пр
Проверил



Напряжение плавки-кВ	90	92,5	95
Ток плавки - а	535	550	565
Мощность плавки-кВа $\cos \varphi = 0,524$	83400	88000	92800
Плотность тока по проводу а/мм ²	АС-150	3,57	3,67
	АС-120	4,46	4,58
Загрузка трансформаторной группы 3x31500кВа Салаватской ТЭЦ током плавки %	110	113	116

Примечания

- Для плавки на Салаватской ТЭЦ выделяется трансформаторная группа 3x31500кВа. Регулировка напряжения производится изменением возбуждения генераторов.
- На Салаватской ТЭЦ и Кумертауской ТЭЦ линии, на которых производится плавка, выделяются на отдельную систему шин.

Согласовано:

Гл. диспетчер Башкирэнерго
Нач. ПТО Башкирэнерго

(Ереин)
(Генин)

Копия с чертежа ОРГРЭС



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

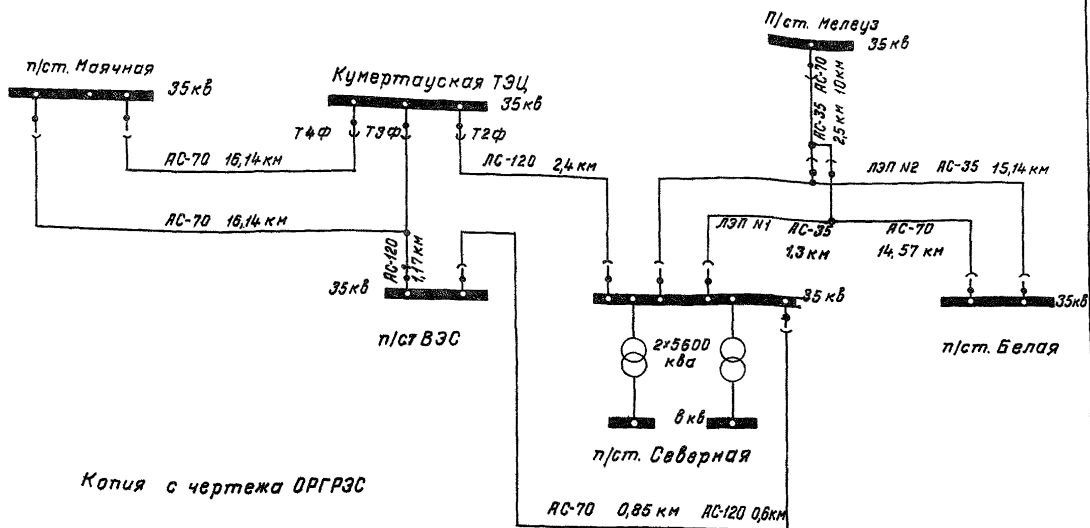
Руководитель Уорффе
Инженер Рутберг

Типовая

Схема плавки гололеда на ЛЭП 110кВ Салаватская ТЭЦ - Кумертауская ТЭЦ-п/с Северная напряжением 90кВ с шин 110кВ Салаватской ТЭЦ

N558/0211

лист
Ст. пр.
Проверил



Копия с чертежа ОРГРЭС



г. Москва
1958 г.

Отделение Дальних Передач
Видел Электрических расчетов

Рук. группы Исаффе

Инженер Рутберг

М. Сидорин

Иванов

Типовая

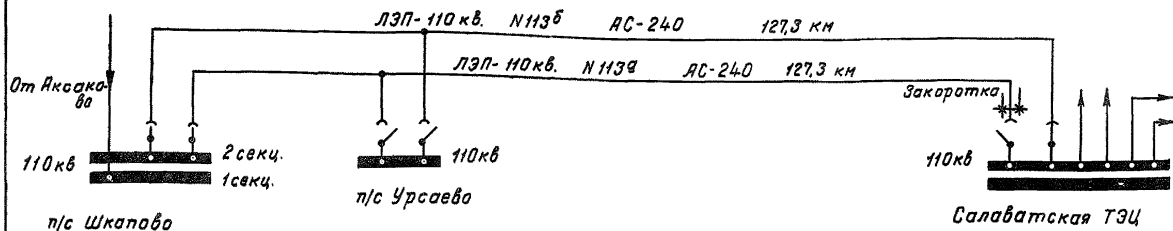
Схема сетей 35 кВ.
Кумертауского узла

N559/одп

Лист

Ст. пр.

Проверил



Напряжение плавки - кв	120	117	115	110	105
Ток плавки - а	666	650	640	610	585
Мощность плавки - кВа ($\cos \varphi = 0,92$)	138 000	131 500	127 500	116 000	106 500
Плотность тока по проводам АС - 240 - а/мм ²	2,78	2,71	2,67	2,64	2,43
Загрузка тр-й группы Салаватской ТЭЦ 75000+31500 кВа-106500 кВа током плавки - %	121	118	117	111	107

- Примечания:
1. На п/с Шкапово ЛЭП N113^а и N113^б выделяются на отдельную систему шин 110 кВа
 2. На период плавки п/ст Урсаво обестачивается.

Согласовано:

Гл. дисп. Башкирэнерго
Нач. ПТО Башкирэнерго

(Ергин)
(Генин)



г. Москва
1958г.

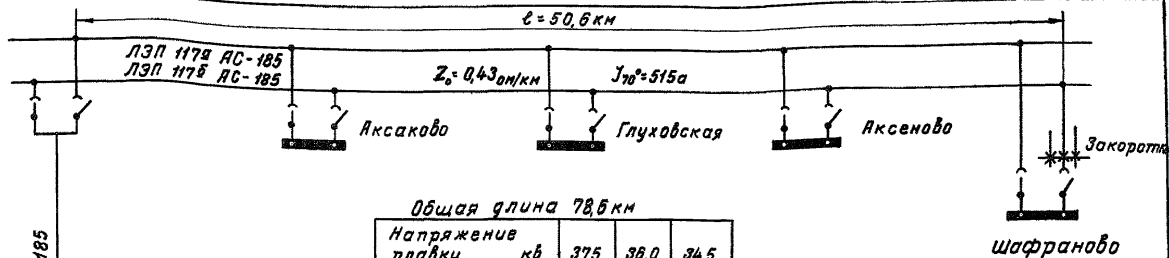
Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических Расчетов

Рук. группа Уоффе
Инженер Рутберг

Типовая
Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кв N113^а и N113^б Салаватская ТЭЦ - Шкапово-Салаватская ТЭЦ напряжением 110 кв с шин 110 кв Салаватской ТЭЦ

N561/00П
Лист
Ст. пр.
Продв-рил

Копия с чертежа ОРГРЭС



Общая длина 78,6 км

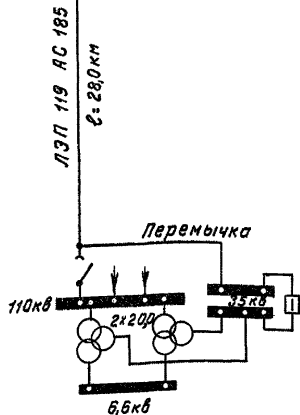
Напряжение плавки кВ	375	36,0	34,5
Ток плавки А	640	620	590
Мощность плавки мва	41,3	38,5	35,4
Плотность тока в проводе А/мм ²	3,45	3,35	3,2
Загрузка тр-ров п/ст. Шапково ток плавки %	105	102	97
То же с учетом нагрузки потребителей % (15 мва)	136	136	136

Согласовано:

ЦДП: подпись (Ереин)

ПТО: подпись (Генин)

Бринж.ОРГРЭС: (Усачев)



Шапково

Копия с чертежа ОРГРЭС



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Рук. группы Шаффе

Инженер Рутберг

Типовая

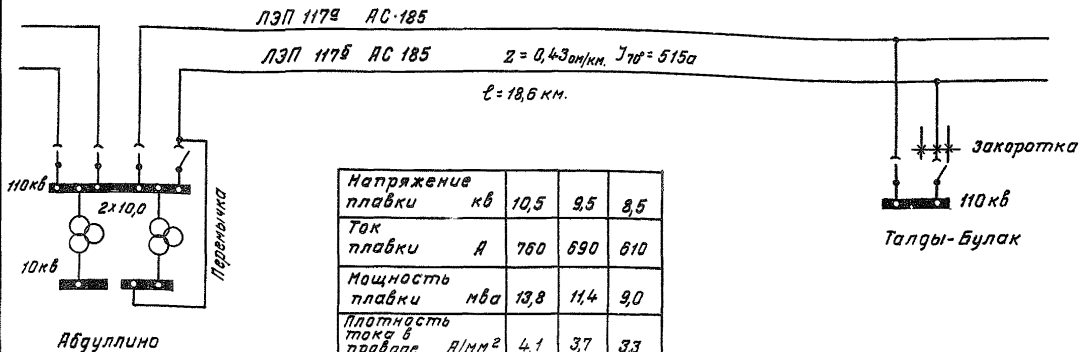
Схема плавки гололеда на ЛЭП-10кВ. №119, 117Б, 117В, - на участке Шапково-ЛЭП №117-Шафраново, напряжением 35кВ

№562/одп

Лист

Ст. №

Проводил





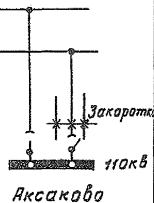
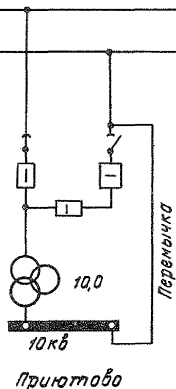
Напряжение плавки	кв	10,5	9,5	8,5
Ток плавки	А	760	690	610
Мощность плавки	мва	13,8	11,4	9,0
Плотность тока в проводе	А/мм ²	4,1	3,7	3,3
Загрузка тр-ра п/ст. Абдуллино	током плавки%%	138	114	90

Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано:

ЦДП (Ергин)
 ПТО (Генчн)
 Бр. инж. ОРГРЭС (Усачев)

 г. Москва 1958 г.	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических расчетов		Типовая		N563/одп
	Рук. группы Инженер	Уоффе Рутберг	М. Софья 	Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кВ N117А и N117Б на участке Абдуллино-Талды-Булак, напряжением 110кВ	
			Лист		
			Ст. пр.		
			Проблема		

ЛЭП 117^а АС-185ЛЭП 117^б АС-185 $Z = 0,43 \text{ Ом/км}$ $\gamma_{70^\circ} = 515 \text{ а}$ $\ell = 24,2 \text{ км}$ 

Напряжение плавки кв	10,5	9,5	8,5
Ток плавки А	564	526	472
Мощность плавки мва	10,6	8,7	7,0
Плотность тока в проводе А/мм ²	3,16	2,84	2,56
Загрузка тр-ра п/ст. Приютово током плавки %	111	100	90

Примечание: На время плавки потребители п/ст. Приютово отключаются

Согласовано:

ЦДП (Ереин)
 ПТО (Генин)
 Бр. инж. (Усачев)
 Копия с чертежа ОРГРЭС



г. Москва
1958 в.

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических расчетов

Руковод. группы: Соффе М. Сидор

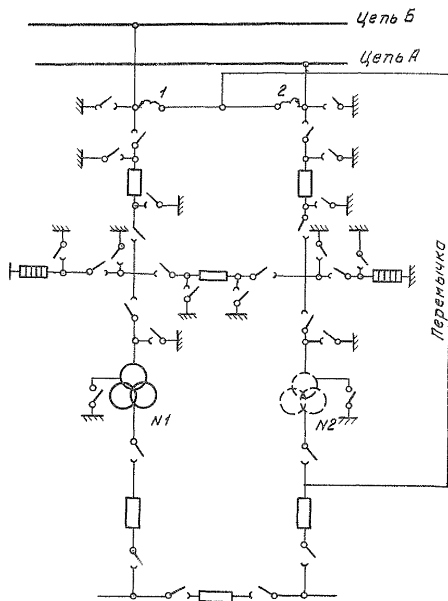
Инженер Рутберг

Типовая

Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кв. 117^а, 117^б на участке Приютово-Аксаково напряжением 10 кв.

N564/одп

Лист
Ст. пр.
Проверил



Примечание:
 1,2 - дежурные концы обходного
 моста 10кВ

Копия с чертежа Башкирэнерго



Отделение Дальних Передач
 Отдел Электрических Расчетов

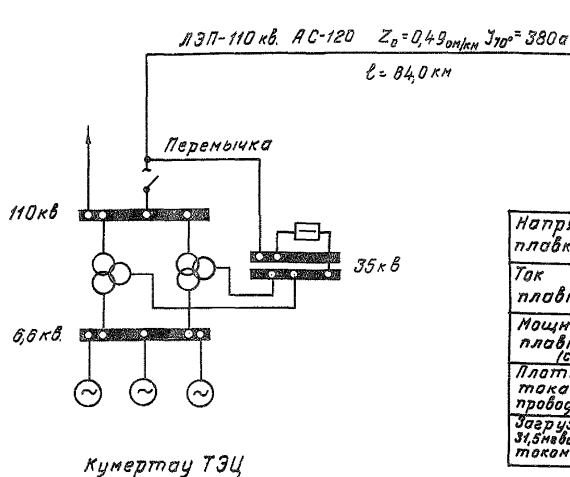
Т и п о в а я

N565/0211

Рук. группы: Уоффе
 Инженер: Рутберг

Схема плавки гололеда
 с тяговой п/ст. Принамова

Лист
 Ст. пр.
 Проверил



на п/ст. Северная

Закоротка
на опоре №242
деревня Санино, связь есть

Напряжения плавки	кв	37	36	34,6
Ток плавки	А	520	505	485
Мощность плавки ($\cos \varphi = 0,95$)	мва	33,3	31,5	29,0
Плотность тока в проводе АС-120 А/мм ²		4,35	4,21	4,06
Загрузка 2 тр. по 31,5 мва Кум. ТЭЦ током плавки		55	53,5	51,5

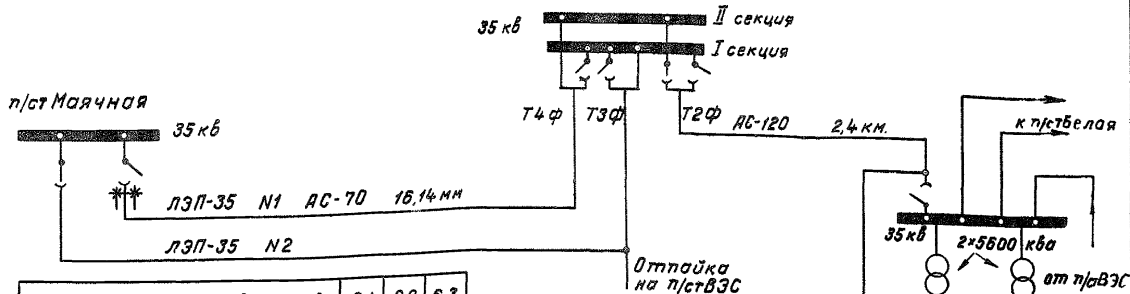
Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано:

ЦДП (Ереин)
 ПТО (Генин)
 Бр. инж. ОРГРЭС (Усачев)

	Отделение Дальних Передач		Типовая	№568/оп
	Отдел электрических расчетов			
в. Москва 1958г.	Рук. группа	Иосифе	Схема плавки голаледа на ЛЭП-110 кв. Кумертау ТЭЦ п/ст. Северная на участке Кумертау ТЭЦ-опора №242, напряже- нием 35 кв.	Лист
	Инженер	Рутберг		Ст. пр-та
			Проверил	

Кумертауская ТЭЦ



Напряжение плавки - кв	6,1	6,2	6,3	
Ток плавки - а	323	329	334	
Мощность плавки - кВа	3410	3530	3640	
Плотность тока по проводу - а/мм ²	AC-70	4,62	4,7	4,78
	AC-120	2,69	2,74	2,78
Загрузка 2х тр-ров п/ст Северная током плавки - %	31,5	32	32,5	

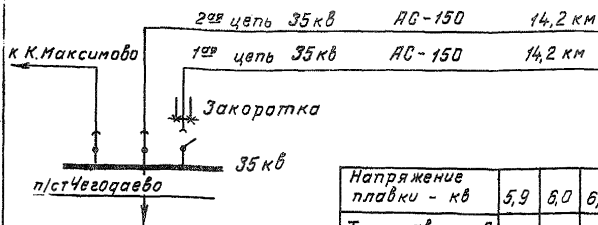
Примечание: плавка гололеда производится одновременно на ЛЭП-35 кв п/ст Северная - Кумертауская ТЭЦ и ЛЭП-35 кв N1 (Т4Ф) Кумертауская ТЭЦ - п/ст Маячная, последовательно соединенных на одной из секций шин 35 кв Кумертауской ТЭЦ. Отпуск электроэнергии Кумертауской ТЭЦ по ЛЭП-35 кв N2 (ТЗФ) производится с другой секции шин 35 кв

Согласовано:

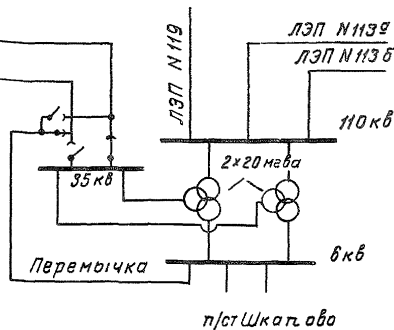
Гл. диспетч. Башкирэнерго (Ереин)
 Нач. ПТО Башкирэнерго (Генин)
 Гл. инж. Салав. сетев. р-на (Минин)
 18. III. 58. копия с черт. ОРГРЭС



Отделение Дальних Передач Отдел Электрических расчетов		Типовая	N 569/опт
Руководитель	И.О.Ф.Фе	М.И.О.Ф.Ф.	
Инженер	Рутберг	Схема плавки гололеда на ЛЭП-35 кв п/ст Северная - Кумертауская ТЭЦ - п/ст Маячная напряжением вкв: с п/ст Северная	Лист
			Ст. пр.
			Проверил



Напряжение плавки - кВ	5,9	6,0	6,1
Ток плавки - А	548	557	567
Мощность плавки - кВа	5600	5780	6000
Плотность тока в проводе а/мм ²	3,66	3,72	3,78
Загрузка 2х тр-ров п/ст Шкапово ток плавки %	15,2	15,5	15,7



Примечание: Плавку цепей вести поочередно

Согласовано:

Гл. дисп. Башкирэнерго
Нач. ПТО
Гл. инж. Салав. сетевого р-на

Копия с чертежа ОРГРЭС

(Ереим)
(Генин)
(Микин)



г. Москва
1958 г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

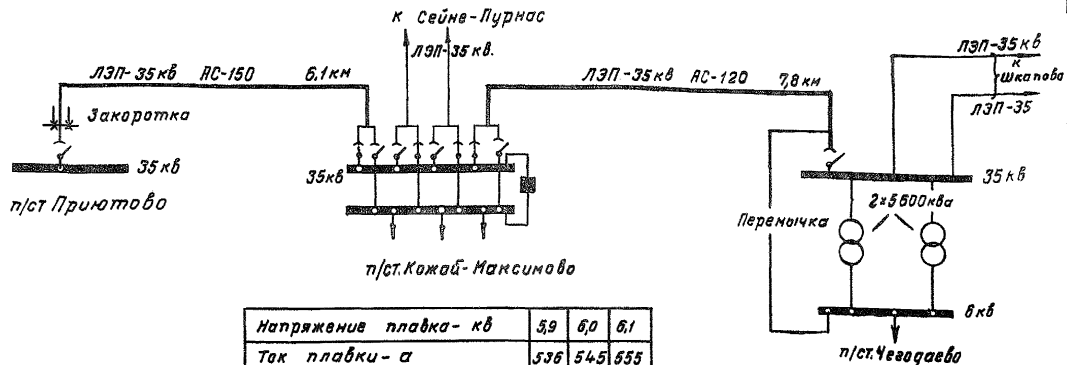
Аук. группы Шаффе М. Софран
Инженер Рутберг И. Рудин

Типовая

Схема плавки гололеда на ЛЭП-35 кВ Шкапово-Чегодаево с п/ст. Шкапово напряжением 8 кВ.

№570/вдп

Лист
Ст. пр.
Проверил



Напряжения плавки - кВ	5,9	6,0	6,1
Ток плавки - а	536	545	555
Мощность плавки - кВА	5460	5660	5850
Плотность тока в проводе - а/мм ²	АС-120	4,43	4,54
	АС-150	3,57	3,63
Загрузка трансформаторов п/ст. Чевогаево током плавки %	1 ²⁰ тр-ва	104	106
	2 ² тр-ва	52	53

Примечания: 1. На п/ст. К-Максимова в период плавки одна из систем шл используется для транзита токт плавки от Чевогаево к Приютово
2. На период плавки потребители п/ст. Приютово обеспечиваются

Согласовано:

Гл. диспетч. Башкирэнерго
Нач. ПТО Башкирэнерго

(Ерзин)
(Генин)



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Рук. группы Цоффе

Инженер Рутберг

Типовая

Схема плавки гололеда на ЛЭП-35кВ п/ст. Чевогаево-п/ст. К-Максимова-п/ст. Приютово напряжением 6кВ. с п/ст. Чевогаево

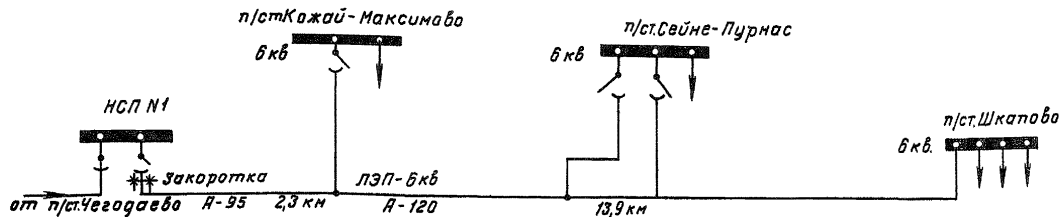
N521/одп

Лист

Ст. пр.

Продв-рил

Копия с чертежа ОРГРЭС



Напряжение плавки-кв	5,9	6,0	6,1	
Ток плавки - а	483	490	500	
Мощность плавки-кв	4930	5080	5260	
Плотность тока по проводу. д/мм ²	А-120	4,0	4,1	4,15
	А-95	5,1	5,15	5,25
Загрузка 2х тр-ров п/ст. Шкапово плавки - %	13,4	13,6	13,9	

Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано

Гл. дисп. Башкирэнерго

(Ереин)

Нач. ПТО

— —

(Генин)



г. Москва
1958г.

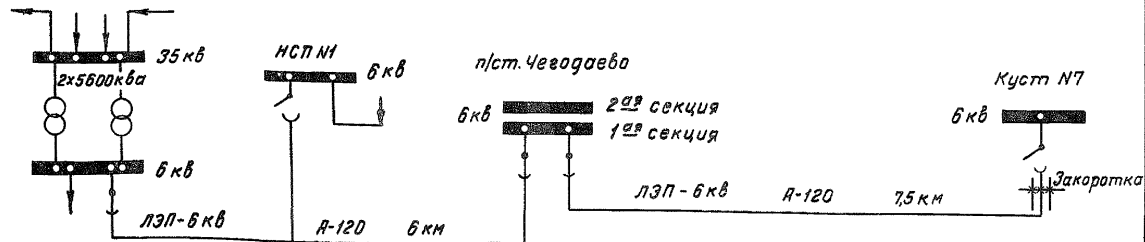
Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических Расчетов

Рук. группы Уоффе
Инженер Рутберг

Типовая
Схема плавки гололеда
на ЛЭП-6кв п/ст. Шкапово-
НСП N1 напряжением 6кв.
с п/ст. Шкапово

N572/одт
Лист
Ст. пр.
Проберил

П/ст. Кожай-Максимова



Напряжение плавки - кВ	5,8	5,9	6,0
Ток плавки - а	504	512	521
Мощность плавки	5050	5230	5410
Плотность тока по проводу А-120 $\sigma/\text{мм}^2$	4,2	4,26	4,35
Загрузка 2х тр-в в п/ст. К. Максимова током плавки - %	49	49,7	50,6

Примечание: 1) На п/ст. Чегодаево ЛЭП-6 кВ Чегодаево-К-Максимова и Чегодаево-Куст N7 выводятся на одну секцию шин 6 кВ, а отпущек электроэнергии потребителям п/ст. Чегодаево-со второй секции шин
2) На период плавки Куст N7 обесточивается

Согласовано:

Гл. диспетч. Башкирэнерго
Нач. ПТО

(Ергин)
(Генин)



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических Расчетов

Рук. группы

Цифре

М. Водина

Инженер

Рутберг

И. В. Водина

Т и п о в а я

Схема плавки гололеда на ЛЭП-6 кВ п/ст. К-Максимова-п/ст. Чегодаево-куст N7 напряжением 6 кВ от п/ст. К-Максимова

N523/одп

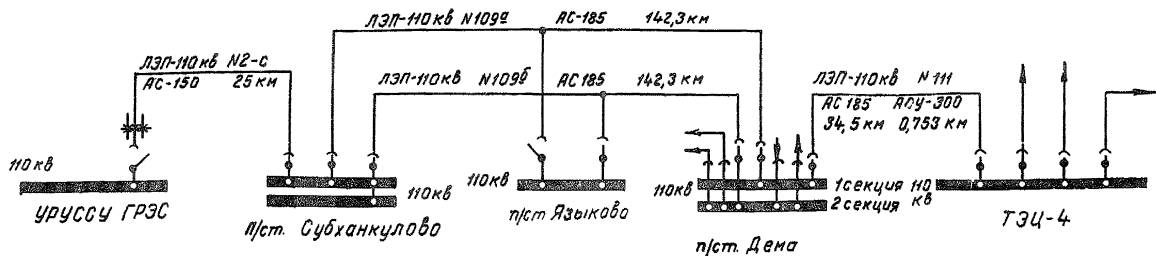
Лист

Ст. пр.

Праве-

рил

Копия с чертежа ОРГРЭС



Напряжение плавки-кВ	120	115	110	105
Ток плавки - а	795	760	730	695
Мощность плавки-кВА ($\cos = 0,405$)	165000	151000	139000	126000
Плотность тока по проводу - а/мм ²	АСУ-300	2,65	2,54	2,43
	АС-185	4,3	4,1	3,95
	АС-150	5,3	5,06	4,86

Примечания: 1. На п/ст Дема и Субханкулово линии, на которых производится плавка гололеда, выделяются на отдельную систему шин
2. Включение в систему плавки ЛЭП N109Э или N109Б поочередно.

Согласовано:

Гл. диспетчер Башкирэнерго
Нач. ПТО

(Ерегин)
(Генин)



г. Москва
1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических Расчетов

Типовая

N574/02П

Рук. группы Цофре И. Кошкин

Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кВ N111, 109, а, ил, б, N2-С от ТЭЦ-4 до УРУССУ ГРЭС напряжением 110 кВ с шин 110 кВ ТЭЦ-4

Лист

Ст. пр.

Прсверил

Копия с чертежа ОРГРЭС

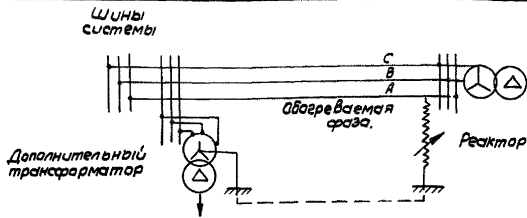


Рис 15. Трехлинейная схема обогрева по методу искусственной схемы к.з.

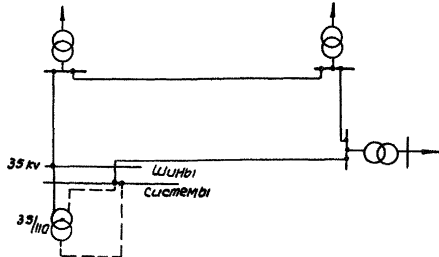


Рис 16. Схема включения рабочего трансформатора подстанции в расщепку кольца при питании его от системы.



Рис 17. Векторные диаграммы напряжения при включении дополнительного трансформатора в расщепку с целью обогрева.

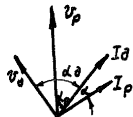


Рис 18. Взаимное положение векторов рабочего и дополнительного напряжений и тока.

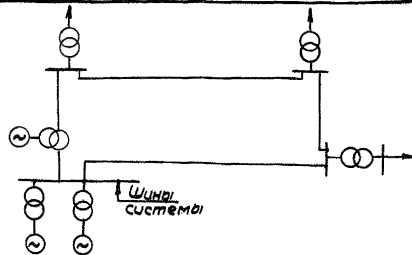


Рис 19. Схема включения рабочего трансформатора станции в расщепку кольца при питании его от отдельного генератора.

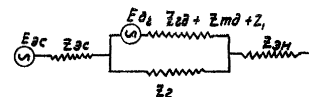
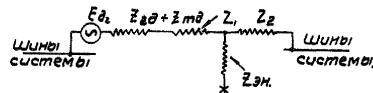


Рис 20. Расчетная схема при включении трансформатора: питаемого от специального генератора, в расщепку кольца.

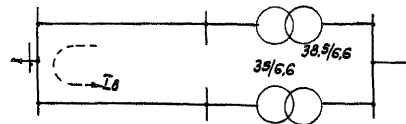


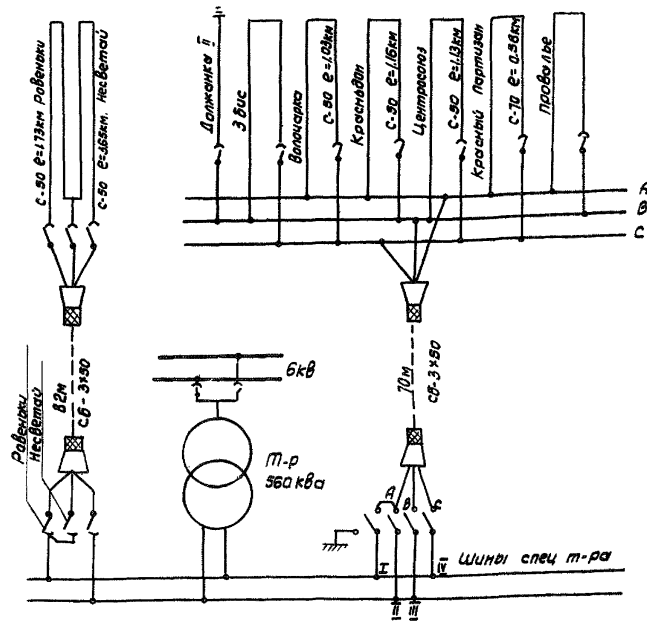
Рис 21. Обогрев параллельных линий путем изменения коэффициентов трансформации подстанционных трансформаторов.

	Отделение Дольких Передач	Типовая	N 469/600	
	Удел электрических расчетов	Схемы обогрева проводов		Лист
	Рук. груп. Л. Шинин	Цифре		Ст. пр.
Инженер А. Виноградов	Синева	(Рис. NN 13-21)	Рис.	

Характеристика

специального трансформатора для плавки гололеда на трассах

Том - 560/6; однофазный, мощностью 560кВА



Примечания:

1. Нормально однополюсные развешиватели выключены.
2. При плавке гололеда на трассовом подходе линии включается соответствующий развешиватель.
3. Для плавки гололеда на трассовых подходах в ячейке трансформатора включаются следующие развешиватели:

1) Провалы	}	АВ ножи I и II
2) Краснодар		
3) Красный Партизан	}	АС нож II и III
4) Володарка		
5) Центросоюз	}	ВС ножи III и IV
6) Звис		
7) Должанка II		АВ ножи I и III

	Uв	Iа
Высшее	6300	89
Низшее	4200	133
	3150	178
	2100	266

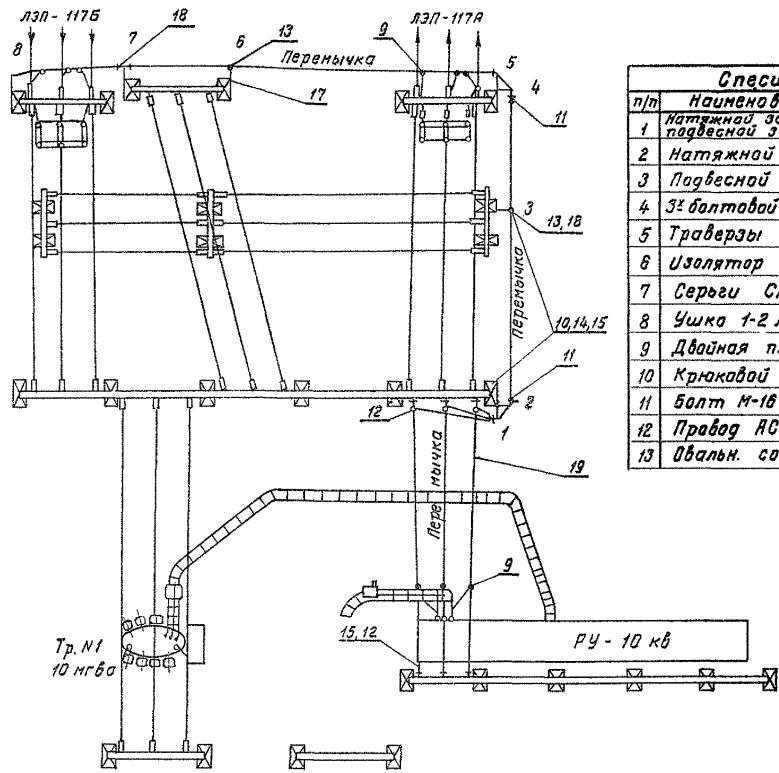
Режим работы кратковременный - 2 часа
 Напряжение к.з. - 4.25%
 Так х.х. - 3.17%
 Группа соединения - 12
 Охлаждение масляное - естественное
 Частота - 50гц

Схема

переключения низкой стороны трансформатора 560кВА

Длина трассового подхода км	Напряжение для плавки	Схема для переключения низкой стороны трансформатора
3.65	4.2кВ	
	3.15кВ	
1.73	2.1кВ	
1.13	1.05кВ	

<p>г. Москва 1958г</p>	Отделение Долгих Передач	Мушавая		N 471/одм
	Участок	Схема плавки гололеда на трассах 131 35-110кВ от подстанции Должанка		
	Инженер	Синева	Масштаб	
			Провер	



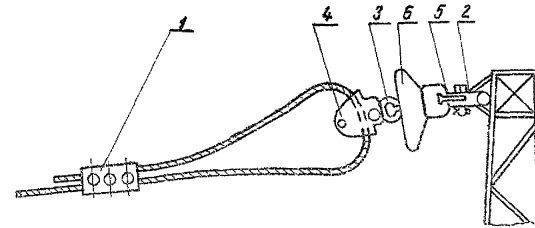
Спецификация			
п/п	Наименование поз.	поз.	к-во
1	Натяжной зажим коуш или подвесной зажим	11	21
2	Натяжной зажим, коуш	12	6
3	Подвесной зажим	13	6
4	Защелки болтовой плоский зажим	9	12
5	Траверзы	1-8	24
6	Изолятор П-4,5	10	33
7	Серьги СР-7	14	33
8	Ушко 1-2 лапчатое	15	33
9	Двойная плоская скоба	16	6
10	Краевой болт	17	48
11	Болт М-16 с гайкой	18	27
12	Провод АС-185 в метр.	19	400
13	Обвальн. свек. АС-185	9	6

Здание тяговой подстанции

Копия с чертежа Башкирэнерго

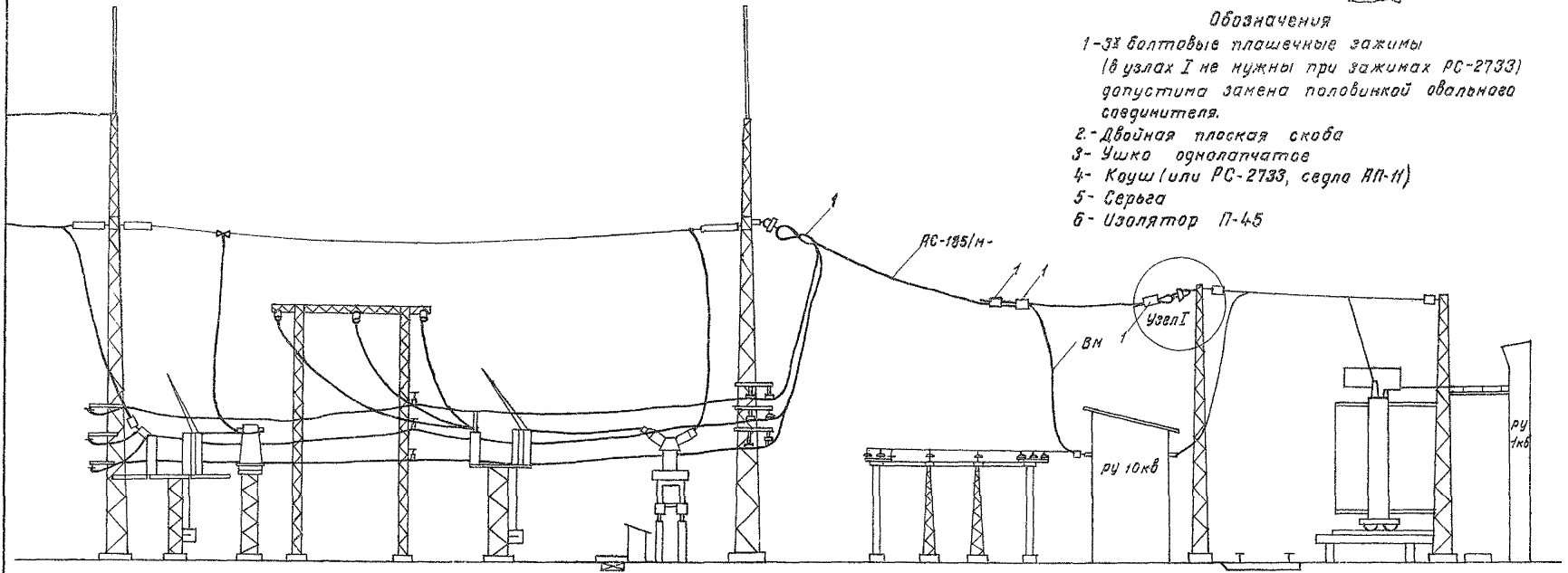
<p>г. Москва 1958г.</p>	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов	Типовая	№566/опп
	Рук. группы Уаффе М. Уаффе	Монтаж на порталах ОРУ-110кВ ошиновки схемы, плавки гололеда на ЛЭП-110кВ №117Б и 117А с тяговой л/ст Приютово	лист
	Инженер Рутберг В. Рутберг		Ст. пр.
			Провед-рил

Узел I



Обозначения

- 1-3х болтовые пластинчатые зажимы
 (в узлах I не нужны при зажимах РС-2733)
 допустима замена половинкой овального соединителя.
 2- Двойная плоская скоба
 3- Ушко одноплатчатое
 4- Кауш (или РС-2733, сегода ЯП-Н)
 5- Серьга
 6- Изолятор П-45



Копия с чертежа Башкирэнерго

<p>г. Москва 1953г.</p>	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических Расчетов		Типовая		N567/одп
	Инженер Рутберг	Коэффа	М.Иванов	Монтаж ошиновки для плавки галледа напряжением 10кв с тяеовой п/ст. Приготово для ЛЭП-110кв N117а и N117б	