ВГПИ "Теплоэлектропроект"
Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчётов

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ

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

Нач. Отдела электрических расчётов /Н. Соколов/

Руководитель группы /М. Иоффе/

Инженер /А. Синева/

г. Москва, сент. 1958 г.

gost.e-ecolog.ru

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 Минсельхоза БАССР и ЛЭП 6-35 кв Шкаповского нефтяного района 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 Со юза.	I4
IУ.	Примеры расчёта схем плавки гололеда.	23
У.	Руководящие указания по проектированию устройств для плавки гололеда на линиях электропередачи	33
УI.	Приложения:	
	I. Инструкция по эксплуатации линий электропередачи	40
	2. Токи плавки гололёда	
	3. Информационное письмо ЭУ-7 о сигнелизаторе гололеда	44
	4. Список литературы и материалов использованных в работе	45

ПЕРЕЧЕНЬ ЧЕРТЕЖЕЙ

№ № п/п	Наименование	Инвентарный номер
I	2	3
I.	Схемы обогрева проводов /Рис. № № I-I4/	468
2.	Схемы обогрева проводов /Рис. № № I5-2I/	469
3.	Схема пофазной плавки гололеда на проводах ЛЭП II0 кв Ильич-Осипенко.	470
4.	Схема плавки гололеда на тросах ЛЭП 35-II0 кв от п/ст Долженка.	47I
5.	Схема плавки гололеда на тросовых подходах ЛЭП 35 кв Центросоюз-Долженка	472
6.	Схема плавки гололеда на тросах ЛЭП II0 ку Н. Троицкая-Ильич	473
7.	Схема плавки гололеда на ЛЭП 35 кв Ялта-Ай-Петри	474
8.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв током трёхфазного короткого замыкания /Ставропольский энергокомбинат/.	475
9.	Схема плавки гололеда на участке ЛЭП 50 кв током трёхфазного короткого замыкания от специального трансформатора /Ставропольский ЭК/	476
I0.	Схема плавки гололеда методом встречного включения наЛЭП 35 кв Северкавказэнерго.	477
II.	Схемы плавки гололеда током короткого замыкания с применением однофазных реакторов на ЛЭП 35 кв Северкавказэнерго.	478
I2.	Схема плавки гололеда на ЛЭП 35 кв Грозненского сетевого района.	479
I3.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв током трёхфазного короткого замыкания /Грузэнерго/	480

I	2	3
I4.	Сигнализация о появлении гололеда на линии электропередачи.	555
I5.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв №№ II3, II9, II7, II8 от Салаватской ТЭЦ до одной из тяговых п/ст ЛЭП № II8 напряжением II0 кв с шин II0 кв Салаватской ТЭЦ.	556
I6.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв Салаватская ТЭЦ - п/ст Шкаповo- п/ст Раевка напряжением II0 кв с шин II0 кв Салаватской ТЭЦ.	557
I7.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв Салаватская ТЭЦ - Кумертауская ТЭЦ - п/ст Северная напряжением 90 кв с шин II0 кв Салаватской ТЭЦ	558
I8.	Схема сетей 35кв Кумертауского узла.	559
I9.	Проектная схема электросети 6-35 кв Шкаповского нефтяного месторождения.	560
20.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв II3а и II3б Салаватская ТЭЦ - Шкапово-Салаватская ТЭЦ напряжением II0 кв с шин II0 кв Салаватской ТЭЦ	561
2I.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв №№ II9, II7а, II7б на участке Шкапово-ЛЭП № II7 - Шафраново-напряжением 35 кв	562
22.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв №№ II7а и II7б на участке Абдулино-Телды-Булак, напряжением I0 кв	563
23.	Схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв №№ II7а и II7б на участке Приютово-Аксаково напряжением I0 кв.	564
24.	Схема плавки гололёда с тяговой п/ст "Приютово"	565
25.	Монтаж на порталах ОРУ II0 кв ошиновки схемы плавки гололеда ЛЭП II0 кв №№ II7а и № II7б с тяговой п/ст "Приютово"	566
26.	Монтаж ошиновки для плавки гололеда напряжением I0 кв с тяговой п/ст "Приютово" для ЛЭП II0 кв №№ II7а и № II7б	567

I	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 - Кумертауская ТЭЦ - п/ст Мячная 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. Максимово - 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 - Максимово - п/ст Чегодаево-Куст № 7 напряжением 6 кв от п/ст К-Максимово	573
33.	Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кв № 111, № 109 / "в" или "б"/ № 2-с от ТЭЦ-4 до УРУСУ ГРЭС напряжением 110 кв с шин 110 кв ТЭЦ-4.	574

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ

по проектированию устройств для плавки гололеда на линиях

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

Атмосферные условия, благоприятные для отложения гололёда и изморози на проводах электропередачи, классификация этих отложений и мероприятия для своевременного предупреждения аварий ор гололеда изложены в Инструкции по эксплуатации линий электропередачи § § 92-97 и I87-I95. /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 I952 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 ско-ростью I5-20 м/сек. Разрушения начались с выворачивания из грунта и падения угловых опор /с большими углами поворота/, после чего при возникшем одностороннем тяжении шестью проводами были сломаны промежуточные и анкерные опоры на большом протяжении. В общей сложности было разрушено I2 угловых, I3 анкерных и 23 промежуточных опоры II0 кв линии. На некоторых опорах вырывание фундаментов было связано с недостатками их изготовления.

В I953 году в Грузии отмечена еще одна авария, вызванная гололёдом, с угловой опорой типа "Рюмка" II0 кв с разрушением в месте сопряжения верхней части опоры со стойкой При этой аварии провода были сильно перегружены обледенелым мокрым снегом, достигшим I5-20 см по диаметру, и часть из них оборвалась.

В I954 году I0 случаев обрыва проводов на линиях Мосэнерго, Крымэнерго, Саратовэнерго и Воронежского ЭК были вызваны гололедом, интенсивность которого превышала наблюдавшуюся в течение последних I0-20 лет. В результате пляски и подпрыгивания проводов при сбросе гололеда имели место 4 обрыва и 3 случая сильных оплавлений проводов. Все перекрытия произошли при расположении проводов в вертикальной плоскости при расстоянии между фазами на линиях II0 кв 3 м.

/2 случая/ и на линиях 35 кв 1,2-1,4 м /4 случая/ и 1,8 м /1 случай/. Перекрытия между проводами с вертикальным 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 сбросе гололеда и схлестывание провисшего от гололеда троса с проводом привели к отключению линии 110 кв. /Армэнерго - 1 случай, Алтайэнерго-2 случая/ и двух линий 35 кв /Краснодарэнерго и Эстонэнерго/.

Отмечен обрыв проводов при гололеде на линии 35 кв Бакоблэнерго 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 "рюмка".

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

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

Аналогичные аварии при гололеда, изморози и мокром снеге имели место и в других энергосистемах. Так, в Кузбассэнерго в X-1957 г. при мокром снегопаде имел место массовый обрыв проводов на линиях 110 кв, вызвавший нарушение энергоснабжения 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 электротехнике № 2 за 1957 г./.

Необычайно сильный гололед на северо-востоке Нью-Брунсвике /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 была предпринята плавка гололеда током короткого замыкания. Выделенный генератор 12,5 мвт, 6,9 кв был возбужден до 7,5 кв и подключён в линию; расстояние до точки к.з. составляло 48 км. При питании второй точки к.з. /69,5 км от станции/ для увеличения токе к.з.

линия была подключена к выделенному генератору через трансформатор 6,9/I2,47 кв. В дальнейшем предполагается уделить серьезное внимание плавке гололеда на линии. /Реферативный журнал электротехника № 7 за I957 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 I0 лет и не учитывать единичные, весьма редкие случаи интенсивных нагрузок от гололеда, случающиеся в сроки, превышающие I0 лет. Отсюда следует, что при особенно неблагоприятном сочетании обстоятельств, нагрузки на линиях могут превзойти расчётные 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 наличного эксплуатационного персонала в течение нескольких часов.

II. СПОСОБЫ ПЛАВКИ ГОЛОЛЁДА

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:

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

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

I. Перераспределение нагрузок.

2. Включение ЭДС в ... контур с использованием земли в качестве обратного провода.

3. Включение ЭДС в рассечку кольцевой сети.

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

Способы плавки гололеда на линиях отключённых от потребителей

/ черт. № 468/

I. Способ плавки током трёхфазного короткого замыкания

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

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 следующим 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, включают 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

началом 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/.

Загрузка 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 $2\,U_ф$, меняют начале и концы обмоток у одного из трансформаторов.

Для получения на проводе напряжения $2{,}65\,U_ф$, у одного трансформаторе меняют порядок присоединения фаз, а вектора напряжений трансформаторов сдвигают на угол 150^0С /Рис.4/.

Для получения на проводе напряжения $3\,U_ф$, обмотки обоих трансформаторов соединяют в звезду и включаются навстречу.

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 110кв 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 несовместимо 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 гололеда, так и для предупредительного нагрева /+ 2^0С/. Повышение токовых нагру-

зок достигается путем отключения части переллельных 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 должна быть предусмотрена возможность изменения фазы тока нулевой последовательности.

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

б/ Пофазный обогрев

По этому способу на рабочий ток обогреваемой фазы налагается дополнительный ток замыкающийся через землю /Рис. 6/. Чтобы повышать 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. 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. IO/.

Схема плавки гололёда на фазе А показана на рис. II Между обогреваемой фазой и источником дополнительного напряжения следует предусмотреть однофазный выключатель и разъединитель.

На рис. I2 показан пофазный обогрев с глухим заземлением нейтрали. Обогреваемая фаза отключается от питающих трансформаторов и соединяется с нейтралями трансформаторов; далее нейтраль 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 нейтраль у дополнительного трансформатора соединяется с проводом перемычкой, показанной на рис. I2 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. I3 показана схема для установок не выше 35 кв и предусматривает переход на работу по схеме ДПЗ / два провода - земля/.

Схема на рис. I4 применяется для линий II0 кв с заземлённой нейтралью и предусматривает переход на работу по схеме ДПЗ.

Заземления для контуров переменного и постоянного тока необходимо делать раздельно: для заземления обогреваемо 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. I5.

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

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 желательно 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 гололеда создают несимметричную нагрузку системы. Поэтому необходимо заранее рассчитать допустимость этой асимметрии для генераторов и степень её влияния на провода связи.

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

/ Черт. № 469/

Сущность метода заключается в наложении на рабочий ток линии дополнительного тока от построенного 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 трансформаторе питается от более низкой ступени напряжения /рис. I6/.

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

Угол Θ между вектором напряжения трансформаторе и напряжением шин определяется в основном группой соединения обмоток трансформаторе /рис. I7/. 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. I8/.

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-I20 или 240-300 электрических градусов.

Для уменьшения мощности специального трансформатора его следует включать 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. I9/. 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. 2I/

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 гололёда 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 троса 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 троса:

$$I_{п} = 0,4\ I_{п}' \text{ или } 0,32.\ I_{п}'' ,$$

где: $I_{п}'$ - ток плавки для провода марки АС,

$I_{п}''$ - ток плавки для медного провода,

$I_п$ - искомый ток плавки для троса,

ρ - активное сопротивление стального троса -

0,I5 ÷ 0,I8 ом.мм2/м

Для уменьшения асимметрии при плавке 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.

Ш. БОРЬБА С ГОЛОЛЁДОМ 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 Ивен-Екатериновка с марками проводов М-50 и М-95 имеет ток нагрузки 350 А, а предупредительный ток нагрева проводов провода марки М-95 также равен 350А.

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

Нагрузочным током в I958 г. были оплавлены две линии 35 кв в Краснодонском сетевом районе:

I/ Должанке - 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 2I,67 км с марками проводов АС-95 и АС-50.

Ток плавки 270 амп, время плавки I8 мин.

До I958 года плавка гололеда на ЛЭП II0 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 I958 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.

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

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

$$I = \frac{U}{Z}$$; где Z - суммарное сопротивление цепи току /линии и тр-ра/

Сопротивление петли фаза-земля по данным замера на переменном токе равно 56,2 ом.

Напряжение к.з. между обмотками II0 и 35 кв трансформаторе $e_к$ = I7%.

$$Z_{тр} = \frac{e_к \cdot U_ф}{I00 \cdot I_н} = \frac{I7 \cdot 22000}{I00 \cdot 300} = I2,4 \text{ ом.}$$

где: $I_н$ - номинальный ток обмотки трансформаторе 35 кв.

Полное сопротивление цепи плавки

$$Z_{пл} = Z_{петли} + Z_{тр} = 56.2 + I2,4 = 68,6 \text{ ом}$$

Ток плавки

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

перегружает трансформатор всего на 7%.

Борьба с гололедом на тросах путем его обивки мало эффективна 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-II0 кв показана на чертеже № 47I. Для плавки применяется специальный трансформатор /ТОМ-560/6/.

Осуществление схемы для тросовых подходов 35 кв потребовало 70 м. кабеля /СБ3х50/, две концевых муфты и одиннадцать однополюсных разъединителей. Для прокладки кабеля вырыта траншея длиной 60 м.

На чертеже № 47I показана схеме плавки гололеда на тросах в зимний период I957-I958 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 трансформаторе подается напряжение 6 кв от шин п/станции. Трансформированное напряжение, снимаемое с обмотки 6 кв, равное I кв, подается по кабелю на тросовые подходы. См. чертеж № 472.

Плавка гололеда на тросах ведется при включённых линиях.

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

Плавка гололеда на тросах ЛЭП 35-II0 кв
в зимний период 1957-1958 г.г.

№ № п/п	Наименование линий	Марка троса	Длина троса км	Температура воздуха °С	Напряжение плавки кв	Ток плавки А	Время плавки мин.	Дата плавки
I.	35 кв Должанка-Центросоюз	С-50	I,I8	- 5	I,0	II5	I8	29.I-58 г.
2.	35 кв Должанка-Краснодон	С-50	I,I6	- 4	2,0	I45	8	29.I-58 г.
3.	II0 кв Должанка-Несветай	С-50	3,65	- 5	4,2	I35	I0	3I.I-58 г.
4.	II0 кв Должанка-Несветай	С-50	3,65	- 3,5	4,0	I35	I6	29.I-58 г.
5.	II0 кв Должанка-Ровеньки	С-50	I,73	- 3,5	2,0	I25	I3	29.I-58 г.
6.	35 кв Красный Партизан-Должанка	С-50	I,27	- 4	I,0	II0	27	26.I-58 г.
7.	35 кв Центросоюз-Сорокино	С-50	I,48	- 5	I,0	87-90	5I	27.I-58 г.

Ток плавки гололеда на тросе определяется по формуле:

$$I_{пл} = \frac{U}{2\ell\sqrt{r_0^2 + (X'_0 + X''_0)^2}} ;$$

где:

$I_{пл}$ - ток плавки в амперах

U - напряжение в вольтах

ℓ - длина троса 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 I,27 км /подвешено два троса марки С-50/, если напряжение источника тока равно I000 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 первоначельного расчёта необходимого тока плавки условно принимается величина тока I00 ам. При токе I00 ампер протекающем по тросу С-50 r_0 = 3,5ом/км а X''_0 = I,85 ом/км. Внешнее индуктивное сопротивление X_0' = 0,407 ом/км.

Таким образом:

$$I_{пл} = \frac{I000}{2.I,27\sqrt{3,5^2 + /0,407+I,85/^2}} = I00 \text{ а}$$

Действительный ток плавки гололеда на тросах ЛЭП 35 кв Красный Партизан - Долганка равен II0 ам.

На тросах ЛЭП II0 кв Н. Троицкая - Ильич была проведена пробная плавка током короткого замыкания от трансформатора 20 т. ква напряжением II0/35/6 кв.

Плавке гололеда на тросах велась при отключённой ЛЭП, заземленной с обеих сторон. Схема плавки дана на чертеже № 478.

Ток плавки гололеда определяется по формуле:

$$I_{пл} = \frac{U}{2\ell\sqrt{r^2 + x^{2'}}};$$

Ниже дан расчёт тока плавки гололеда на тросах на участке опор № № II0-I39.

Длина участка троса 5,6 км. Длина линии по токоведущему проводу до опоры I39-25 км.

На ЛЭП подвешены:

провод МГ-95 /r = 0,2 ом/км; x = 0,433 ом/м/,

трос С-50 /r = 3,5 ом/км; x = 2,257 ом/км/.

Полное сопротивление

$$Z = 2\sqrt{/0,2x25+3,5x5,6/^2+/0,433x25+2,257x5,6/^2} = 68 \text{ ом.}$$

Расчётный ток плавки

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

При пробной плавке гололеда фактическое напряжение источника тока было 6,7 кв, а ток плавки - I05 а.

2. Крымэнерго

На черт. № 474 показана схема плавки гололеда на ЛЭП-35кв Ялта-Ай-Петри. Гололедообразование наблюдается на горном участке электропередачи на высоте I200 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 марке провода Ж-95.

Плавка гололеда производится током трёхфазного короткого замыкания от специального трансформатора I000 ква, 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

$$Z = \sqrt{/0,39.4,7+I,88.2,8/^2+/0,4.4,7+0,75.2,8/^2} = 8,I \text{ ом}$$

Расчётный ток плавки

$$I_{расч.} = \frac{3 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 8,I} = 2I4A$$

значительно превосходит длительно допустимый ток нагрузки /I40 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, борьба с гололедом ведется с применением устройств автоматики и телемеханики. Схема плавки включается дистанционно с пульта управления по получении телесигнала о нарастании льда.

В I958 г. плавка 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 подвергаются интенсивному гололедообразованию.

Для этих I2 ЛЭП 35-II0 кв разработаны схемы плавки, сооружены монтажные перемычки на соответствующих станциях и подстанциях.

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

а/ на Баксанской ГЭС - мощностью I0.000 ква II0/20-II,5 кв,

б/ на Сенгелеевской ГЭС - мощностью I0.000 ква 6,3/I0 кв,

в/ на ЛЭП-50 кв № 5I под анкерной опорой № 223 в I0 км от п/ст Западной - мощностью 2000 ква 50/3 кв.

На чертеже № 475 приведена схема плавки гололеда на ЛЭП II0 кв № I и № 2 напряжением 20 кв от специального трансформатора, установленного на Баксанской ГЭС.

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

За зимний период I957-I958 г.г. производилась два раза плавка гололеда на Л-I и один раз - на Л-2.

На чертеже № 476 приведена схема плавки на ЛЭП-50 кв № 5I на участке I0 км, примыкающем к п/ст Западной. На период плавки концы шлейфов анкерной опоры № 223 разводятся и трансформатор 2000 ква последовательно включается в линию Л-5I. В летний период вводы трансформатора закрываются металлическими колпаками. За последние годы не было случая механического повреждения трансформатора из-за внешних причин. Зимой I957-58 г.г. производилась один раз плавка гололеда на Л-5I в соответствии с приведенной схемой.

4. Севкавказэнерго

В системе Севкавказэнерго организация плавки гололеда на линиях электропередачи в широких масштабах началась с I952 г.

Основными методами плавки гололеда являются:

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

3. Плавка 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 два раза плавка гололеда этим методом на Л-26 и Л-29.

Плавка гололеда током трёхфазного короткого замыкания с использованием реактора производится на ЛЭП-35 кв № 27 и № 28. Бетонные реакторы, рассчитанные на $U_н$ 6 кв, $I_н$ = 400 а и X = 6%, установлены на п/ст Мелгобек /М-I/. В период 1956-1957 г.г. на этой линии плавка гололеда производилась четыре раза чертеж № 478.

В Грозненском сетевом управлении широкое применение нашел метод плавки гололеда током трёхфазного короткого замыкания. При этом предусмотрена плавка 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 Мва 35/10,5 кв, включённого в блок с одним генератором Г-I. 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 пофазного обогрева потому, что линия одноцепная питает ответственных потребителей, не допускающих перерыва в электроэнергии.

Способ встречного включения трансформаторов на ЛЭП-35кв Плиево-Вознесенка в Севкавказэнерго 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 33,4 км.

В этой же энергосистеме на ЛЭП-35 кв Вознесенка-Малгобек 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 рассматривать ЛЭП Храм-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 Храм-ГЭС нет. Учитывая большие разрушения от гололеда, имевшие место в Грузэнерго, и требования потребителей электроэнергии, становится понятной установка мощного трансформатора специально для нужд плавки гололеда.

Возможно, что при рассмотрении ЛЭП 110 кв ХрамГЭС - 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 гололедообразования.

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 гололедообразования, 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, I/. Сопротивление создаёт добавочное искусственное затухание тока в.ч. Точка нормального затухания на характеристике измерительного прибора А /черт. № 555, 2/ сдвигается с пологого участка А-Б 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 I0% сверх нормы /точка В/, то уже можно приступать к сборке схемы для плавки гололеда.

Однако начало плавки 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.

IУ. ПРИМЕРЫ РАСЧЁТА СХЕМ ПЛАВКИ ГОЛОЛЁДА

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

ОРГРЭС запроектировал схемы плавки гололеда для всех 60 линий только током трёхфазного короткого замыкения, учтя при этом требования потребителей, интенсивность гололедообразования, экономическую целесообразность и возможность конструктивного выполнения схем плавки. На время плавки линия подключается непосредственно или с помощью перемычки к шинам станции или подстанции и замыкается на 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 ОРГРЭС 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 Таевка,
-"- № 118 -"- -"- Абдулино и Бугуруслан,
-"- № 113 -"- Салаватской ТЭЦ и п/ст Шкапово,
-"- № 119 -"- п/ст Шкапово и п/ст Аксаково,
-"- № 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 Шкаповского нефтяного месторождения /из которых 4 ЛЭП - 35 кв и 12 ЛЭП - 6 кв/, общей протяженностью 168 км /черт. № 560/ и несколько других линий.

А. Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кв Башкирэнерго

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 даётся анализ этих схем.

а/ Плавка 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 Салаватской 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 Салаватской ТЭЦ до п/ст Абдулино $\sum$ = 87,7 ом, а от Салаватской ТЭЦ до п/ст Бугуруслан сопротивление $\sum$ = 123,6 ом.

В зависимости от выбора места закоротки расчётный ток плавки будет изменяться от $I_{расч} = \frac{110.10^3}{\sqrt{3}.123,6} = 514$ а

до $I_{расч.} = \frac{110.10^3}{\sqrt{3}.87,7} = 723$ 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, схема способна 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 Раевка/. Протяженность цепи плавки 220 км.

Плавка цепей двухцепных линий ведется поочередно. Питание плавки ведется непосредственно от шин 110 кв Салаватской ТЭЦ. Закоротка запроектирована на п/ст Реевка. Полное сопротивление цепи плавки $\sum \leq$ 92 ом.

Расчётный ток плавки

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

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

По таблице № 1 для провода марки АС-185, как указано было выше, ток плавки одного порядка с расчётным током.

Параметры плавки и примечания приведены на чертеже.

3. На черт. № 561 приведена схема плавки гололеда на линии № 118 между Салаватской ТЭЦ и п/ст Шкапово.

Плавка ведется одновременно на обеих цепях. Одна цепь подключается к шинам 110 кв Салаватской ТЭЦ, на п/ст Шкапово обе цепи подключаются к отдельной системе шин 110 кв, а закоротка устроена на Салаватской ТЭЦ на конце 2-й цепи. Общая протяженность цепи плавки 254,6 км. Полное сопротивление цепи плавки $\sum$ = 0,408х254,6 = 104 ом.

Расчётный ток плавки

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

В зависимости от колебаний напряжения на шинах 110 кв, расчётный ток плавки будет меняться от 585 до 666 а. По таблице № 1 ток плавки для провода марки АС-240 следует выбирать от 610 до 885 а. И в данном случае расчётный ток удовлетворяет условиям плавки.

Параметры плавки приведены на чертеже.

б/ 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 Аксаково до п/ст Шафраново/ - 79 км.

3. Линия № II9 и часть линии № II7 /от п/ст Аксаково до п/ст Абдулино/ - 83 км

4. Часть линии № II8 /от п/ст Шкапово до опоры № 224/-72 км.
5. Часть линии № II8 /от Салаватской ТЭЦ до опоры № 224/ - 55 км.

В отличие от схем плавки гололеда напряжением II0 кв, схемы плавки гололеда на линиях II0 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 Шкапово и п/ст Шафраново, протяженностью 79 км. Как видно из чертежа, перемычка запроектирована на п/ст Шкапово, а закоротка на п/ст Шафраново. Полное сопротивление цепи плавки Σ = 0,43×79 = = 33,8 ом. Расчётный ток плавки

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

вполне соответствует условиям плавки для провода марки АС-I85.

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

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

в/ Плавка напряжением I0 кв

Для ЛЭП II0 кв № II7 и II8, из указанных выше 4-х линий электропередачи II0 кв, запроектированы также II схем плавки гололёда на небольших участках напряжением I0 кв. Схемы включают участки линии между тяговыми подстанциями и отпайки к подстанциям /см. черт. № № 556 и 557/.

Запроектированы следующие схемы плавки гололеда на ЛЭП-II0 кв напряжением I0 кв:

I.	От п/ст Бугуруслан	до п/ст	Аксаково	протяженностью	30,6 км
2.	-"- Филиповка	"	Аскеево	-"-	I8,4 км
3.	-"- Филиповка	"	Сарай-Гир	-"-	I7,3 км
4.	-"- Абдулино	-	Тялды-Булак	-"-	I8,6 км
5.	-"- Сарай-Гир	"	Абдулино	-"-	2I,I км
6.	-"- Приютово	"	Тялды-Булак	-"-	I7,8 км

7. От п/ст	Приютово до п/ст		Аксаково протяж.	24,2 км
8. -"-	Глуховская	-"-	Аксаково -"-	20,2 км
9. -"-	Глуховская	-"-	Аксаново -"-	18,7 км
10 -"-	Аксаново	-"-	Шафраново -"-	19,0 км
11 -"-	Шафраново	-"-	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

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

удовлетворяет требованиям плавки для провода марки 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

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

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 IIO 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

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

По таблице № I ток плавки для провода марки АС-I20 находится в пределах от 380 до 550 а.

Расчётный ток вполне соответствует требованиям плавки.

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

I. Салаватская 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 IIO кв, а на опоре № 242, где имеется связь с ТЭЦ, запроектирована заворотка. сСопротивление цепи плавки = 0,49х84 = 4I,м2 ом. Расчётный ток плавки

$$I_{расч.} = \frac{35 \cdot 10^3}{3 \cdot 4I,2} = 490 \text{ а}$$

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 ОРГРЭСом 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, включающем 6 подстанций 35 кв, запроектированы перемычки только на одной подстанции Северная.

Для плавки гололеда разработаны 4 схемы:

I. П/ст Северная -Кумертауская ТЭЦ -п/ст Маячная, протяженностью I8,54 км.

2. П/ст Северная - п/ст ВЭС - отпайка от ТЭ ∅ - п/ст Мячная, протяженностью 18,76км

3. П/ст Северная - п/ст Белая, протяженностью 15,87 км
4. П/ст Северная -п/ст Мелеуз, протяженностью 20 км

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

Цепь состоит из двух марок провода - АС-70 - 16,14 км и АС-120 протяженностью 2,4 км. Расчёт плавки ведется по проводу марки АС-70. Полное сопротивление цепи $\sum \leq 10{,}9$ ом Расчётный ток плавки.

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

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

Плавка гололеда на ЛЭП-35 кв п/ст Северная и п/ст Белая запроектирована в 2-х вариантах: - от вывода трансформатора 3 кв и от шин 6 кв. Это объясняется тем, что на линии протяжённостью 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 А С-35.

Поэтому ОРГРЭС 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 Шкаповского нефтяного месторождения

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

Для 4-х линий 35 кв запроектированы 4 схемы напряжением плавки 6 кв.

I. ЛЭП-35 кв от п/ст Шкапово 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 Приютово, 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 $\angle = 0{,}45 \times 14{,}2 = 6{,}4$ ом. Расчётный ток плавки.

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

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

Для плавки гололеда на остальных 12 одноцепных ЛЭП-6 кв Шкаповского нефтяного месторождения ОРГРЭС 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 № 1 протяженностью 16,0 км

3. -"- п/ст Шкапово-НСП № 1 -"- 16,2 км

4. -"- п/ст Шкапово-Сейне-Пурнас п/ст Михайловка 14,83 км

5. -"- п/ст Шкапово-п/ст К.Максимово -"- 11,3км

6. -"- п/ст Шкапово-п/ст Чегодаево-НСП № 3 протяженностью 13,8км

7. -"- п/ст Чегодаево-п/ст Шкапово-П подъем протяженностью 14,4км

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 запроектирована перемычка.

На черт. № 572 показана для образца схема плавки гололеда на участке ЛЭП-6 кв п/ст Шкапово-НСП - № I протяженностью I6,2 км

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

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

Расчётный ток плавки

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

удовлетворяет требованиям для проводов обеих марок: АС-95 и АС-I20.

Все параметры плавки приведены на чертеже.

На черт. № 573 показана другая схема плавки на участке п/ст К. Максимово - п/ст Чегодаево - п/ст Чегодаево - Куст № 7. Питание схемы осуществляется от шин 6 кв п/ст К. Максимово; закоротка устроена Куст № 7. Протяженность участка I3,5 км.

Сопротивление обогреваемой цепи $Z = 0{,}49 \times 13{,}5 = 6{,}6$ 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-II0 кв
в мало- гололедных районах

На остальных линиях электропередачи II0 кв Башкирэнерго, проходящих через районы, где гололедообразование является редким явлением, плавка гололеда запроектирована от шин II0 кв Салаватской ТЭЦ, ТЭЦ № 4 и строящейся Павловской ГЭС. ОРГРЭС считает нецелесообразным и неэкономичным осуществлять плавку гололеда на линиях малогололедных районов напряжением I0 кв или 35 кв, так как для этого пришлось бы сооружать перемычки на многих станциях и подстанциях. Капитальные затраты на каждую перемычку определяются суммой порядка I0-I5 тысяч рублей. Стоимость одной плавки напряжением II0 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 плавки, 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 - Стерлитамакская ТЭЦ - п/ст Деме - п/ст Чишмы - п/ст Давлеканово - п/ст Раевка, протяженность 260 км.

2. Павловская ГЭС- п/ст Симская - п/ст Зевилово - п/ст Улу-Теляк - п/ст Тавтиманово - 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 Ш района гололедности.

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

Для успешного выполнения проектов по плавке гололеда Отделы изысканий и отделы электрических сетей должны тщательно изучать 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 досте 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 не 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 дру-гой.

Если линия не может быть отключена от потре бителей на время плавки, то можно применить другой простой способ плавки, также не требующий специального оборудования , ни перемычек, ни закороток - способ перераспределения нагрузок. Необходимая 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 выбирать другой способ плавки среди изложенных в разделе П.

Схема плавки током трёхфазного короткого замыкания состоит из следующих основных элементов: источника питания, перемычки, обогреваемой линии, закоротки, разъединителей 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 на ограниченном числе станций и подстанций /см. Кумертауский узел, гл. IУ, 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 м/км/ длина обогреваемой линии

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

где:

$U_{пл}$ - напряжение плавки,

$I_{пл}$ - ток плавки,

Z - полное сопротивление провода.

При напряжении плавки 110 кв можно обогревать линию длиной порядка 220 км; при напряжении плавки 35 кв - линию длиной около 70 км, а при напряжении плавки 10 кв - участок порядка 20 км.

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

Плавка гололеда напряжением 110 кв требует большего расхода мощности, порядка 150 Мва и поэтому может проводиться только в часы провала нормального графика нагрузки.

Для ускорения сборки и разборки схемы плавки гололеда 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.

Таблица №1

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) $t_1 = 70°$; $t_2 = 25°$	170	220	275	335	380	445	515	610	700	800	220	270	340	415	485
Максимально допустимый ток плавки. Пересчет данных ПУЭ 1) для $t_1 = 90°$ и $t_2 = -5°$	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 $t_1 = 90°$; $t_2 = -5°$; $v = 5$ м/сек.	317	407	513	639	733	865	1005	1196	1400	1710	411	525	651	803	965
Минимальный ток, препятствующий гололедообразованию с учетом скорости ветра. По фор-ле В.В. Буресдорфа 3) для $t_1 = 2°$; $t_2 = -5°$; $v = 5$ м/сек.	142	182	229	286	327	386	448	534	625	762	179	226	284	353	420

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

2) $I_{макс} = \sqrt{\frac{1}{R_{90°}}\left[7{,}24\left(\frac{318+0{,}5\,t_2}{1000}\right)^3 \varepsilon_л\, d + 0{,}7\sqrt[4]{\left(\frac{v\,d}{2}\right)^3}\right](90-t_2)}$

3) $I_{обогр.} = \sqrt{\frac{1}{R}\left[0{,}143\varepsilon_л\, d + 0{,}82\sqrt[4]{(v\,d)^3}\right](t_1 - t_2)}$

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 закоротку должно производиться с помощью разъединителей. Только для временных схем плавки гололеда / в I и II районах гололедности/ следует предусматривать подключение перемычек и установку закороток 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 $90^{\circ}C$. В таблице № I даны значения токов плавки в зависимости от марки провода и атмосферных условий:

I. Допустимые длительные токовые нагрузки, нагревающие провод до $70^{\circ}C$ при температуре воздуха $25^{\circ}C$ взяты из ПУЭ.

2. Пересчёт токов ПУЭ для нагрева провода до $90^{\circ}C$ при температуре воздуха - $5^{\circ}C$ сделан по формуле:

$$I_{90^{\circ}C} = I_{70^{\circ}C} \sqrt{\frac{90-/-5/}{70-25}} = I,45 \quad I_{70^{\circ}C}$$

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

3. Значения токов, нагревающих провод до $90^{\circ}C$ при температуре воздуха - 5° и скорости ветра 5 м/сек.

4. Значения токов, нагревающих провод до $2^{\circ}C$ при температуре воздуха - $5^{\circ}C$ 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 I5-20 минут/, так как быстрый сброс гололеда связан с опасностью подпрыгивания проводов, замыкания между фазами, оплавлением 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 ПУЭ и токами, пересчитанными для нагрева провода до 90°С при температуре воздуха - 5°С.

Расчётный ток плавки -

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

где:

$U_{пл}$ - 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, устраивая закоротку ближе к источнику питания; если сопротивление мало, то следует включить в цепь обогрева 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 - I 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 надежной работы схемы плавки в проекте следует обратить внимание на следующие вопросы.

в/ Неправильное выполнение контактов ведет к перегреву и разрушению провода в зажиме, поэтому следует предусмотреть надежное выполнение контактов или соединение проводов способом сварки. Последний способ избавляет 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 № Э-5/57 г "Соединение проводов без переходных контактов для линий электропередачи напряжением 35-110 кв"

б/ Если в цепи плавки находятся 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 включена ошиновка станции 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 должна быть предусмотрена беспроволочная связь /радио/.

В редких случаях применения поверхностной плавки гололеда следует определить влияние асимметричных токов электропередачи на провода 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 нагрузок с асимметрией, превышающей 10%/. Вообще следует избегать способов плавки с асимметричными токами, допуская такие схемы только в крайнем случае невозможности применения способа 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 наблюдения за гололедообразованием на линии электропередачи и наблюдения за ходом плавки, линейные пункты следует располагать с учётом нужд плавки гололеда - на возвышенных местах, наиболее подверженным гололедообразованию, вблизи места закоротки 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.

Приложение № I

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Раздел Ш. I6. Проверка гололеда

§ 92. При определенных атмосферных условиях, чаще всего в начале и конце зимнего периода, когда температура воздуха близка к 0^{0}С и оттепель сменяется похолоданием, провода и тросы линий электропередачи могут покрываться гололёдными образованиями в виде чистого гололеда, инея 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 наход. в пред. 0,6-0,9. В большинстве случаев температ. образования гололеда находится между 0 и минус 3^{0}С, в отдельных случаях - до минус 6^{0}С.

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

Температура отложения изморози минус I,5^{0} до минус I0^{0}С, в отдельных случаях до минус 20^{0}С.

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,I - - 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 0,6-0,9I6; плотной изморози - 0,02-0,I; 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 сооруженных опытных пролётах линий, в районе расположения обслуживаемых линий в местах, удобных для наблюдения и имеющих такие же метеорологические условия, как и линии электропередачи.

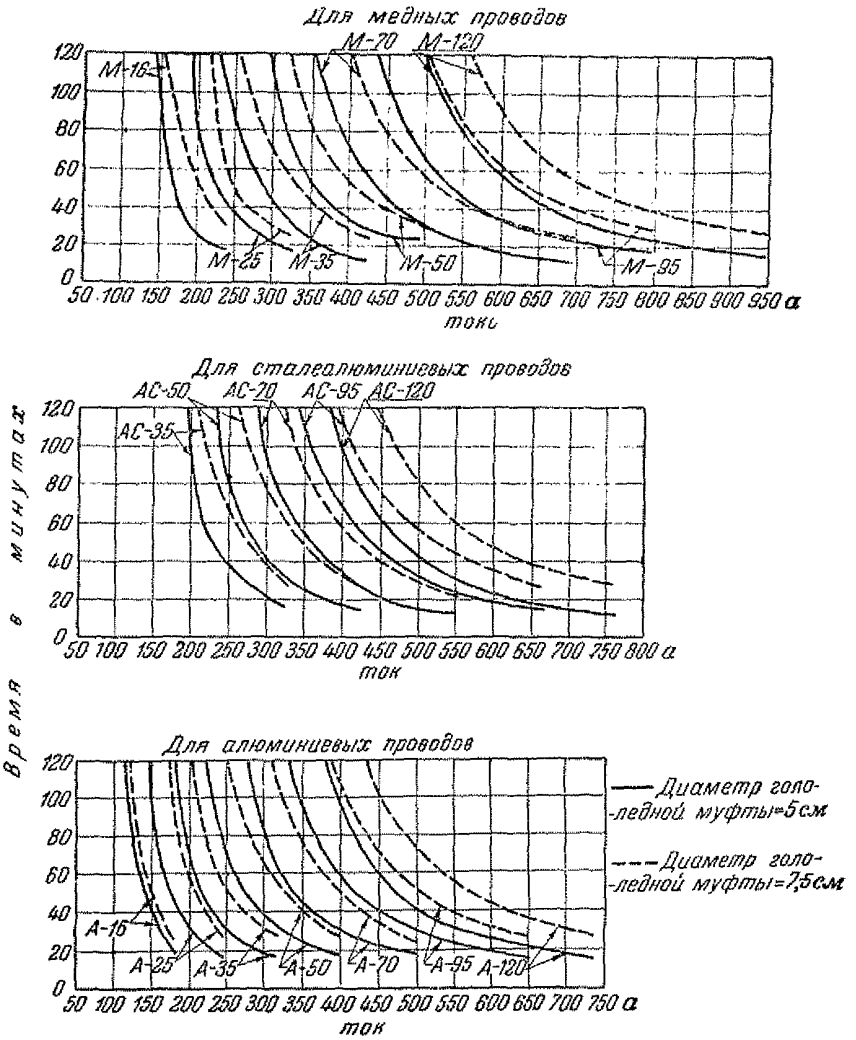
§ 95. Измерение гололедных нагрузок производятся при помощи специальных приборов - гололедографов, фиксирующих нагрузку от гололеда во всем пролете, или непосредственным взвешиванием гололеда, осажденного на единице длины провода /троса/, и измерением его размеров.

§ 96. Измерения силы ветра производится 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 гололёдом, утвержденная главным инженером Управления сетей /энергосистемы, ЭК/.



Фиг. 17. Кривые времени плавки гололеда в зависимости от величины тока при $t = -5°$ 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. Борьба с обледенением, а при наличии гололеда удаление его с проводов /тросов/ производится путем:

а/ прогрева проводов нагрузочным током или токами короткого замыкания /плавка гололеда/;

б/ механической очистки.

Профилактический прогрев и плавка гололеда электрическим током

§ 189. Метод плавления гололедных образований электрическим током заключается в доведении плотности тока в проводе /тросе/ до такой величины, при которой выделяющегося тепла достаточно для плавления 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 плавления гололеда для медных, алюминиевых и сталеалюминиевых проводов при t° = - 5°С и скорости ветра V = 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 проводов линии необходимо иметь

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

Получающийся ток к.з. при включении закороченной линии и необходимая мощность для этого подсчитываются заранее.

Схемы линии для плавки гололеда даны на чертеже № 468 рис. I и 2, а приближенная формуле для подсчётов токов к.з. приведена ниже:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{ф}}{\ell\sqrt{r^2 + x^2}},$$

где:

$I_{к.з.}$ - ток к.з.;

$U_{ф}$ - фазовое напряжение;

ℓ - длина закороченного 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 "выркаами" - короткими деревянными палками, бросаемыми с земли;

б/ обивка гололёда 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 целости 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 $A_П$

б) нагрева самой муфты $A_Н$

в) теплоотдачи в окружающую среду $A_Т$

$$A = A_П + A_Н + A_Т$$

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

$$A_П = 10\, g_0\, d\, в$$

где: в - толщина стенки осадка в|см|

d - диаметр провода в |см|

g_0 = вес осадка в $\left|\frac{г}{см^3}\right|$

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

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

где: Δt - температурный перепад между проводом

Типовая. № 554/ОДП лист 2/5

и воздухом в °С

$\tau_г$ - время обогрева в часах

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

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

λ - коэффициент теплопроводности осадка, равный

$\lambda = 2{,}27 \cdot 10^{-2}$ $\frac{W}{см°С}$ для гололеда

$\lambda = 0{,}12 \cdot 10^{-2}$ $\frac{W}{см°С}$ для изморози

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

Формула для R_{T1} получена на основе экспериментальных данных

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

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

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

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

Типовая. Инв. № 554/ОДП лист 3/6

Формула выведена на основе предположения, что гололедная муфта имеет цилиндрическую форму, а величина удельной теплоемкости осадка $C = 5{,}8 \cdot 10^{-4} \frac{Wh}{g^{\circ}C}$

Полная величина энергии A, затрачиваемая при плавке, должна быть равна энергии, выделяемой электрическим током на той же длине провода:

$$A = I_n^2 R \tau_r$$

где: I_n - ток плавки

R - сопротивление провода длиной 1м при 0°С

τ_r - время плавки в часах

Таким образом ток плавки равен

$$I_n = \sqrt{\frac{1}{R\tau_r}\left[\frac{\Delta t}{R_{T_0}+R_{T_1}}\tau_r + 10 g_0 d b + \frac{0{,}045\, g_0 D^2}{R_{T_0}+R_{T_1}}\left(R_{T_1} + 0{,}22\frac{R_{T_0}}{\lg\frac{D}{d}}\right)\Delta t\right]},$$

а время плавки

$$\tau_r = \frac{10 g_0 d \cdot b + \frac{0{,}045\, g_0 D^2}{R_{T_0}+R_{T_1}}\left(R_{T_1} + 0{,}22\frac{R_{T_0}}{\lg\frac{D}{d}}\right)\Delta t}{R I_n^2 - \frac{\Delta t}{R_{T_0}+R_{T_1}}}$$

§ 2. Тепловой баланс при профилактическом нагреве проводов

При профилактическом нагреве проводов гололеднообразовательный процесс будет невозможен в том случае, если температура провода > 0°С. Принимая температуру провода t_1, с небольшим запасом порядка + 2°С, минимально необходимая

Типовая. Инв № 554/ОДП лист 4/6

сила тока обогрева, препятствующая гололедообразованию, равна:

$$I_{об} = \sqrt{\frac{1}{R}\left[0{,}143\varepsilon_л d + 0{,}82\sqrt[4]{(vd)^3}\right](t_1 - t_2)}$$

где: t_1 - температура провода в °С

t_2 - температура воздуха в °С

$\varepsilon_л$ - 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 обусловливаются:

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, разъединители и т.п.) по отношению к токам плавки, как правило, термически устойчивы. В тех случаях, когда имеется опасность

Типовая. Инв. №554/ОДП лист 5/6

перегрева, следует эти аппараты на время плавки шунтировать перемычками.

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

Максимально допустимый ток плавки находится по формуле:

$$I_{max}=\sqrt{\frac{1}{R_{90°}}\left[7{,}24\left(\frac{318+0{,}5\,t_2}{1000}\right)^3\varepsilon_л d+0{,}7\sqrt[4]{\left(\frac{vd}{2}\right)^3}\right](90-t_2)}$$

где: $R_{90°}$ - сопротивление в омах 1м. провода при 90°С

t_2 - температура окружающего воздуха в °С

v - скорость ветра в м/сек.

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

Типовая. Инв. № 554/ОЛП лист 6/6

Приложение № 3

С С С Р
Министерство электростанций
Эксплуатационное Управление

18 марта 1958 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО № ЭУ-7

О СИГНАЛИЗАТОРЕ ГОЛОЛЁДА

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 ТДВ-3. Динамометр подвешен между опорой и натяжной гирляндой во втором пролёте ЛЭП от подстанции и измеряет тяжение 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 гололеде со стенкой 1 см, а второй при гололёде со стенкой 2 см. Контакты можно передвигать, фиксируя их положение для необходимых тяжений.

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

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

Опыт 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

Приложение № 4

С П И С О К

литературы и материалов, использованных в работе

I. Бургсдорф В.В. "Сооружение и эксплуатация линий электропередачи в сильно гололёдных районах", I947 г.

2. Муретов Н.С. Гололедные образования на воздушных линиях связи и электропередачи, I945 г.

3. Правила устройства электроустановок. Раздел I, общие правила, I957 г.

4. Инструкция по эксплуатации линий электропередачи.

5. Глазунов А.А. Электрические сети и системы, I954 г.

6. Анализ аварий в энергосистемах Министерства электростанций за I954 г., Госэнергоиздат, I955 г.

7. Анализ аварий в энергосистемах Министерства электростанций за I955 г. Госэнергоиздат, I956 г.

8. Кемулария И.М. и Чиракадзе Г.И. О гололедообразовании на проводах высоковольтных линий электропередачи, Электрические станции № 9 за I956 г.

9. Баженов П.И., Отложение мокрого снега на проводах линий электропередачи, Электрические станции № I0 за I957 г.

I0. Кваак, Плавка гололеда на проводах и тросах линий электропередачи II0 кв, Электрические станции № 2 за I957 г.

II. Якуша Г.Б. Плавка гололеда на линиях 35-II0 кв с помощью реактора, электрические станции № II за I952 г.

I2. Освобождение линий от гололеда /I4 3I0/, Реферативный журнал Электротехника № 7 за I957 г.

I3. Плавка гололеда на линиях 330 кв /США/, Реферативный журнал Электротехника № 9 за I957 г.

I4. Покмаг, Исследование гололедообразования на линиях электропередачи в норвежских горах /I8324/, Реферативный журнал Электротехника № I0 за I956 г.

I5. Сарайда, Нагрузка на провода при, обледенении /2I572/, Реферативный журнал Электротехника № I0 за I956 г.

I6. Колькки, Образование гололёдных и снеговых нагрузок /2I574/, Реферативный журнал Электротехника № I2 за I958 г.

17. Спадерна, 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. Благонадеждин, О контроле за гололедообразованием, Электрические станции № 2 за 1957 г.

22. Галустова 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.I.1958 г. № ЭУ-2 и от 30.I-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 Шкаповского нефтяного района Башнефти.

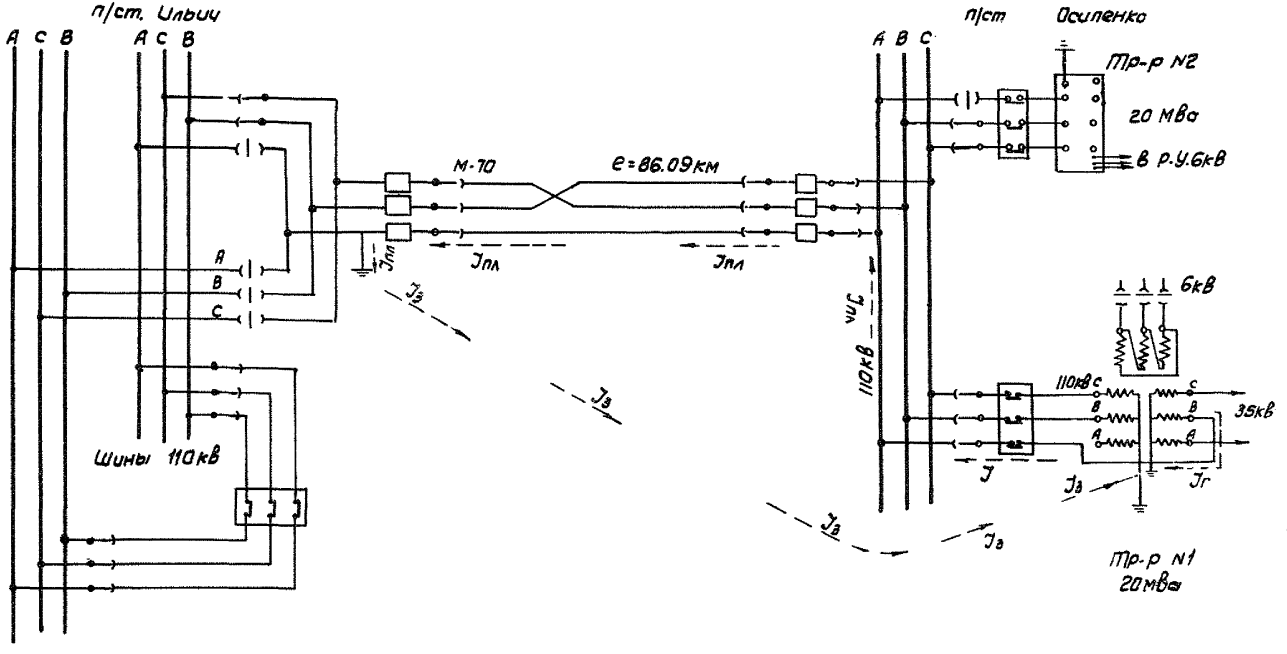
28. Приказ Министерства электростанций от 28.I-1958 г. № 5.

29. Приказ по ВГПИ "Теплоэлектропроект" от 11/П-58 г. № 47

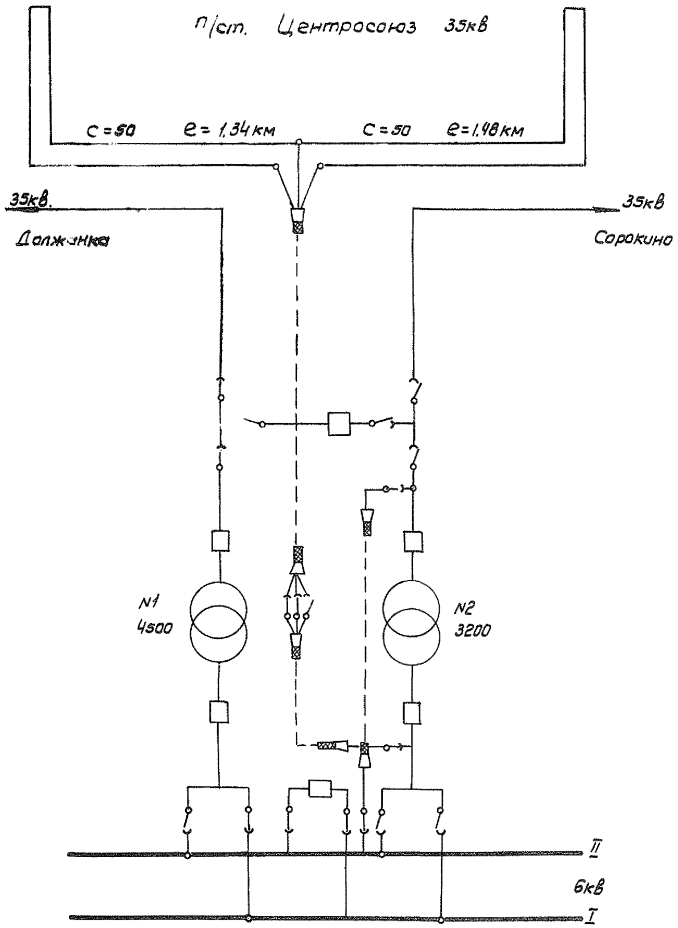
30. Приказ по ВГПИ "Теплоэлектропроект" от 29/Ш-58 г. № 112

31. Информационное письмо Управления Эксплуатации МЭС № ЭУ-7 от 18.Ш-1958 г. "О сигнализаторе гололеда".

Рот. ТЭПа, зак. 2048, тир. 50, кор. Молчанова, 31/X-58 г.

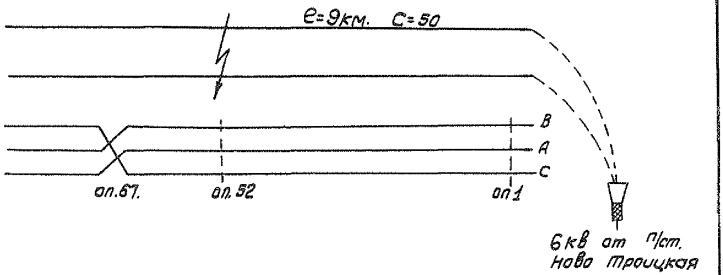


Москва 1958г	Отделение Дальних передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N 470/084	
	Руков. группы	М. Шоффе	Шоффе	Схема пофазной плавки гололеда на проводах ЛЭП 110кВ Ильич-Осипенко (для фазы А), от тр-ра 20МВа напряжением 110/35/6кВ	М-б
	Инженер	Синева	Синева		Ст-пр
					Провер. Синева

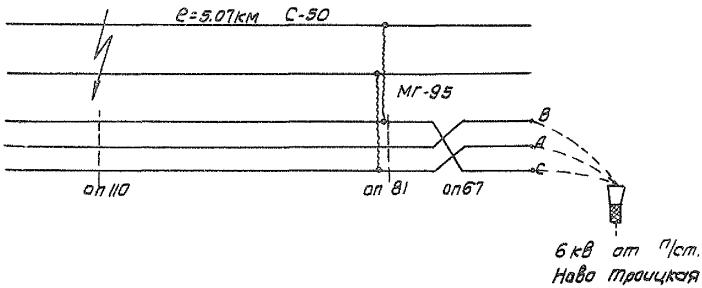


г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N 4172/058
	Руковод. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на тросовых подхо-дах ЛЭП-35кВ. Центросоюз-Должанка.	Масшт.
	Инженер	Синева		Ст. пр.
				Провер.

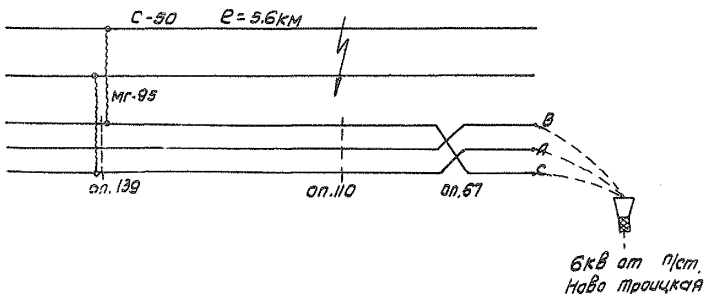
I Участок опор NN 1-52



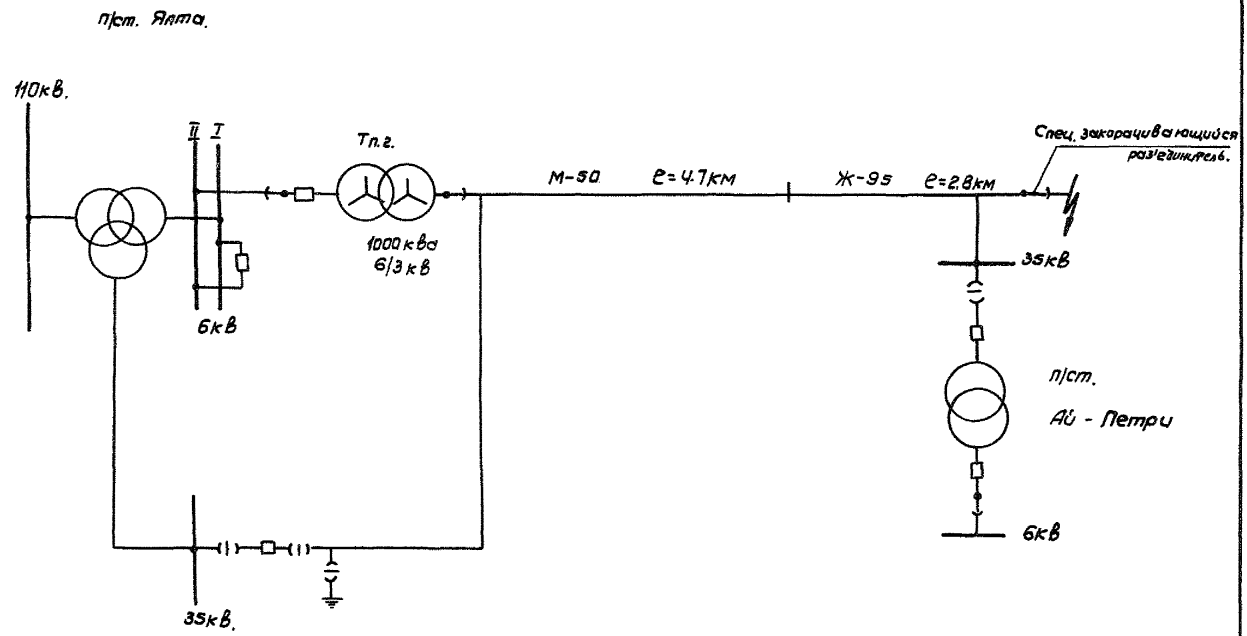
II Участок опор NN81-110



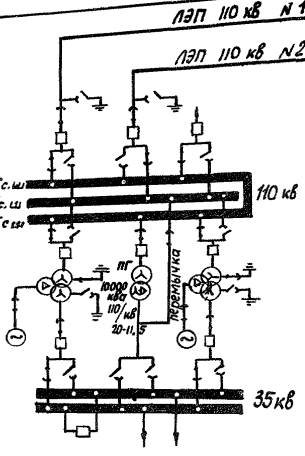
III Участок опор NN110-139



Т Э П г. Москва 1956г.	Отделение Дальних Передач, Отдел электрических расчетов		Типовая	N 473/0.51
	Руководитель группы	Шаффе	Схема плавки гололеда на трассах ЛЭП 110 кв Н. Троицкая - Ульяц	Масшт.
	Инженер	Синева		Ст.пр.
				Провер.

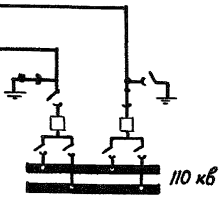


ТЭП г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N 474/0011	
	Рук. груп.	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП 35кВ Ялта-Ай-Петри (т.к. 3.)	Лист	
	Инженер	Синева		Ст.пр.	
	Исполнит			Провер.	



Баксанская ГЭС

	Плавка на линии	
	Л-1	Л-2
Напряжение плавки - кв	20 (∧)	20 (∧)
Ток плавки - а	380	412
Мощность плавки - ква	13200	14300
Плотность по проводу а/мм²	5,4 (МГ-70) 3,44 (АС-120)	3,44 (АС-120)



п/с Машук

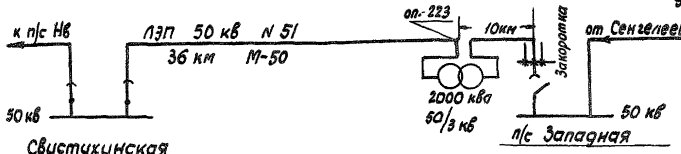
Примечания:

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 погонном 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

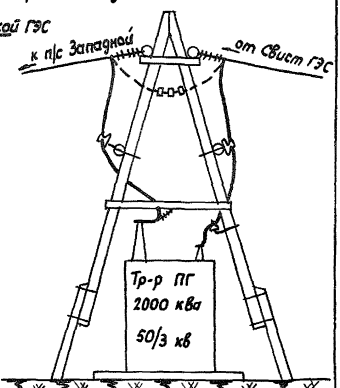
Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов			типовая	N475/ОДП
	Рук. гр.	Иоффе		Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв током трехфазного к. з.	Лист
	Инженер	Синева		Ставропольский энергокомбинат	Ст. пр.
					Провер.

Схема плавки гололеда на участке ЛЭП 50 кв Ставропольского энергокомбината от опоры N· 223 до п/ст Западная



Напряжение плавки кв	~ 3
Ток плавки а	325-400
Мощность плавки ква	~1850
Плотность тока а/мм²	6,5-8



Установка трансформатора плавки гололеда „ПГ" под анкерной опорой N 223 ЛЭП 50 кв N 5/

Примечания:

1. Плавка гололеда организовывается при гололеде весом 1,5 кг/м
2. На период плавки концы шлейфов опоры N 223 разводятся и подсоединяются к соответствующим выводам трансформатора „ПГ"

Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел электрических расчетов

Рук. гр.	Цоффе		
Инженер	Синева		

типовая

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

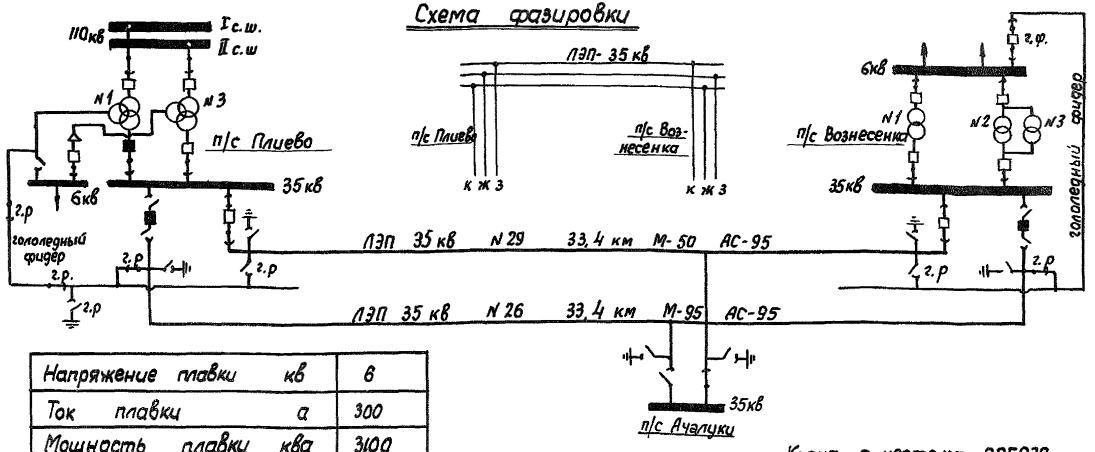
N 476/057

Лист

Ст. пр.

Проверил

Схема фазировки



Напряжение плавки	кв	6
Ток плавки	а	300
Мощность плавки	ква	3100
Плотность тока а/мм²	М-50	6
	М-95, АС-95	3,16

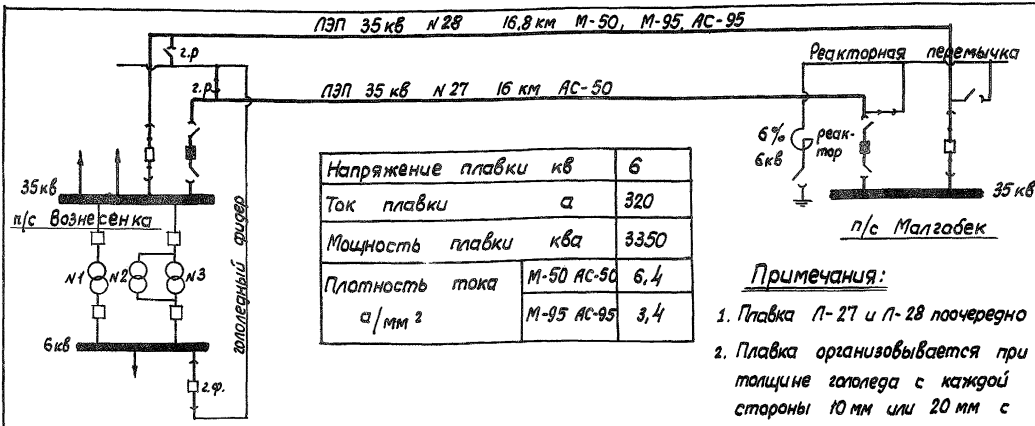
Копия с чертежа ОРГРЭС

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. 2.р. – разъединитель плавки гололеда

г. Москва 1958г.

Отделение дальних передач Отдел электрических расчет			типовая	N 477/ОДП
Рук. гр.	Иоффе		Схема плавки гололеда методом встречного включения на ЛЭП 35 кв Севкавказэнерго	Лист
Инженер	Синева			Ст. пр.
				Проверил



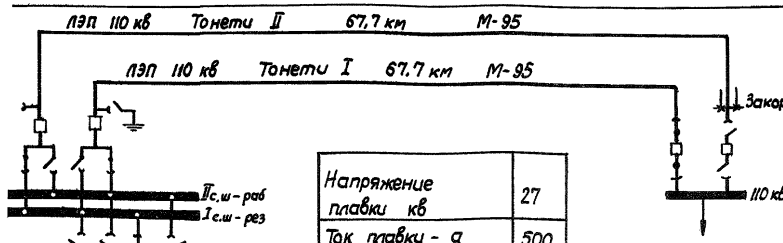
Напряжение плавки кв		6
Ток плавки а		320
Мощность плавки ква		3350
Плотность тока а/мм²	М-50 АС-50	6,4
	М-95 АС-95	3,4

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%, 6кв) установлен для уменьшения тока к.з.

Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958 г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрическ. расчетов		типовая	N 478/68	
	Рук. гр.	Иоффе		Схема плавки гололеда т. к. з. с применением однофазных реакторов на ЛЭП 35 кв. Севкавказэнерго	Лист
	Инженер	Синева			Ст. пр.
					Провери- рил



Напряжение плавки кв	27
Ток плавки - а	500
Мощность плавки - ква	23500
Плотность тока по проводу а/мм²	5,25

Примечания

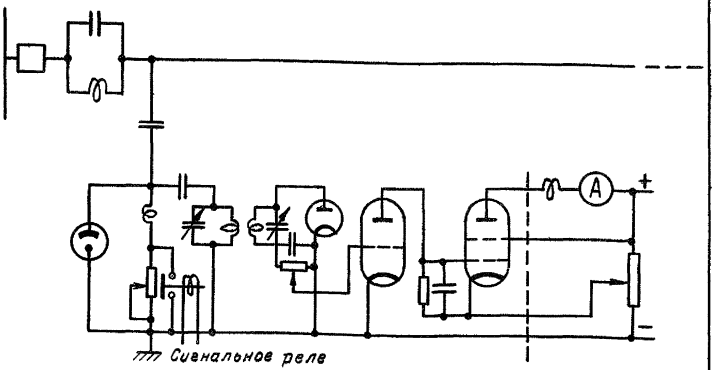
1. Плавка гололеда на Тонети-I и на Тонети-II производится поочередно
2. На период плавки отключается балансная и восьмерочная защита линии.
3. г.р - разъединитель цепи плавки.
4. Плавка гололеда от специального тр-ра 37 мва

ам ГЭС

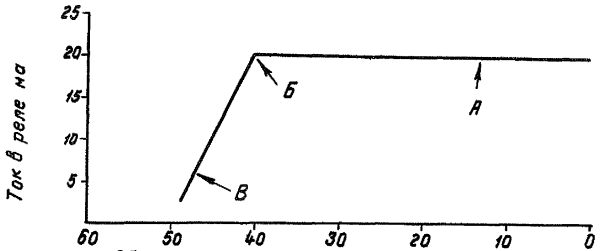
чертежа ОРГРЭС

Отделен. Дальних Передач Отдел электрических расчет.			типовая	N 480/60	
Рук. гр.	Иоффе		Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв тококом трехфазного короткого замыкания Груз-энерго	Лист	
Инженер	Синева			Ст. пр.	
				Провер	

2. Москва 1958г.

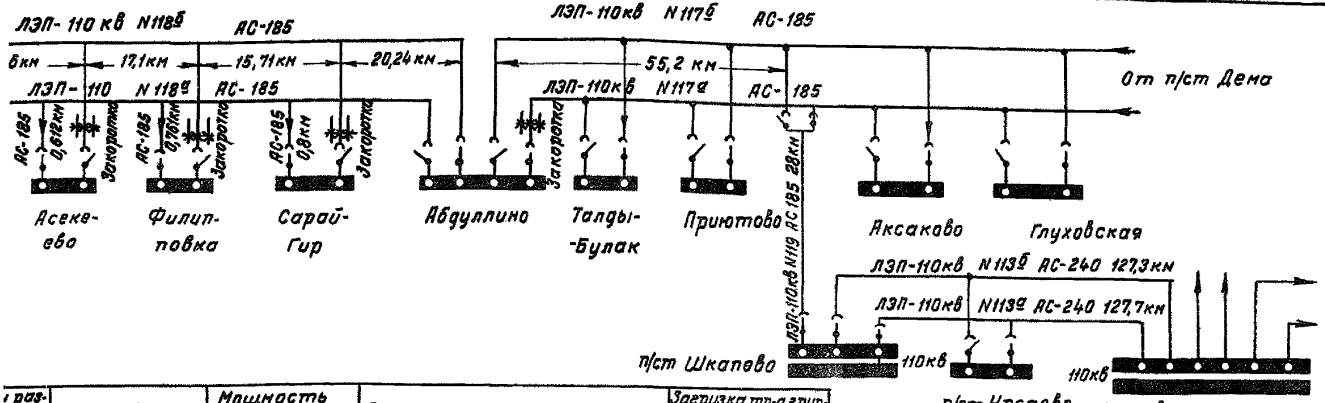


1. Принципиальная схема включения реле для сигнализации о льдообразовании в комплект высокочастотной защиты линии.



2. Характеристика указателя гололеда

Т З П г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N 555/ОПП	
	Рук. группы	Иоффе	Сигнализация о появлении гололеда на линии электропередач	Лист	
				Ст. пр.	
	Инженер	Рутберг		Проверил	



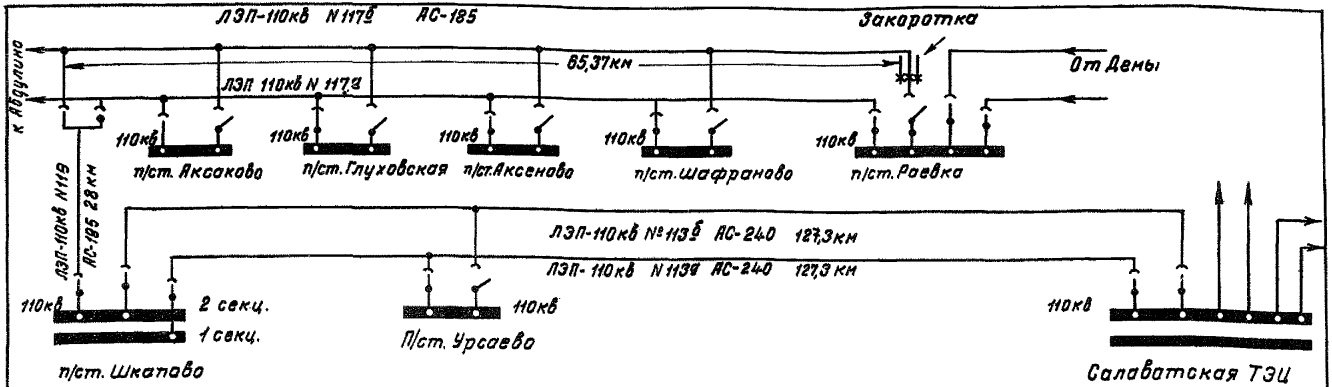
...разчени-...пряже-...плавки	Ток плавки-а					Мощность плавки-ква					Плотность тока по проводу-а/мм²										Загрузка тр-а группы 75 мва+31,5 мва Салават. ТЭЦ током плавки-%				
											120кв		117кв		115кв		110кв		105кв						
	120кв	117кв	115кв	110кв	105кв	120кв	117кв	115кв	110кв	105кв	АС-185	АС-240	АС-185	АС-240	АС-185	АС-240	АС-185	АС-240	АС-185	АС-240	120кв	117кв	115кв	110кв	105кв
ТЭЦ-(φ=0,353)	794	773	760	730	695	165000	156500	151000	139000	126000	4,28	3,3	4,17	3,22	4,1	3,16	3,95	3,04	3,75	2,9	144	141	138	133	126
ТЭЦ-(φ=0,351)	720	700	690	660	630	150000	142000	137500	126000	114500	3,89	3,0	3,78	2,92	3,73	2,87	3,57	2,75	3,4	2,63	131	127	126	120	115
ТЭЦ-(φ=0,351)	670	654	641	615	586	139000	132000	128000	117000	106500	3,62	2,79	3,53	2,72	3,47	2,67	3,33	2,56	3,17	2,44	122	119	117	112	107
ТЭЦ-(0,362)	630	615	604	578	551	131000	124500	120000	110000	100000	3,4	2,62	3,32	2,56	3,26	2,52	3,13	2,41	2,98	2,3	115	112	110	105	100
ТЭЦ-(φ=0,365)	564	550	540	517	494	117000	111000	107500	98500	90000	3,04	2,35	2,97	2,29	2,92	2,25	2,8	2,15	2,67	2,06	103	100	99	94	90

Примечания:

1. Плавка может производиться от Сал-й ТЭЦ до Абдуллино, до Сарай-Гира, до Филипповки, до Асекеево или Бугуруслан с установкой на последних закоротак
2. На п/ст. Шкапово линии, на которых производится плавка гололеда, выделяются на отдельную систему шин 110кв.
3. Включение в схему плавки N113а или 113б, N117а или 117б, N118а или 118б – поочередно.
4. При плавке до одной из п/ст от Абдуллино до Бугуруслана, включая Бугуруслан, п/ст Абдуллино обесточивается. Шины 110кв п/ст Абдуллино используются для транзита тока плавки.

огласовано
...чер Башкирэнерго (Ергин)
Башкирэнерго (Генин)
ВС Башкирэнерго (Орлов)
с чертежа ОРГРЭС

ТЭП г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических расчетов		Типовая	N556/ОДП
	Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кв N113, N119, N117, N118 от Салаватской ТЭЦ до одной из тяговых п/ст ЛЭП N118 напряжением 110кв с шин 110кв Салаватской ТЭЦ	Лист
	Инженер	Рутберг		Ст. пр.
				Проверил



Напряжение плавки- кв		120	117	115	110	105
Ток плавки - а		755	735	723	693	650
Мощность плавки ква $\cos\varphi = 0{,}354$		157000	149000	144000	132000	120000
Плотность тока по проводу а/мм²	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 75000ква + +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 N 113а или 113б N 117а или N 117б – поочередно.
3. При плавке на ЛЭП-117б вводы от этой цепи на всех п/ст. от Раевки до Абдулино отключаются; аналогично при плавке на ЛЭП N 117а

Согласовано:
Гл. диспетчер Башкирэнерго (Ергин)
Нач. ПТО Башкирэнерго (Генин)
Гл. инж. ЧВВС Башкирэнерго (Орлов)
Копия с чертежа ОРГРЭС

ТЭП
г. Москва 1958г.

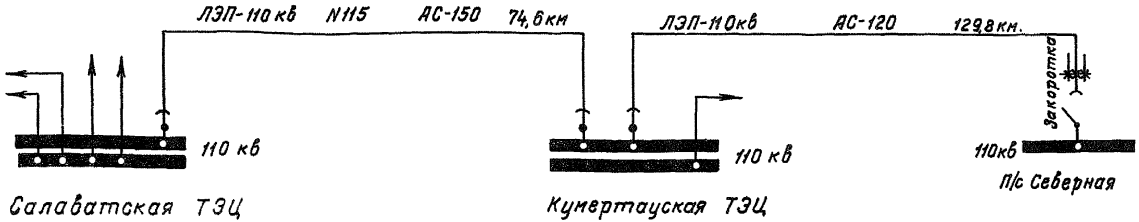
Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		
Рук. группы	Иоффе	[signature]
Инженер	Рутберг	[signature]

Типовая

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

N557/ОДН

Лист	
Ст. пр.	
Проверил	



Напряжение плавки-кв		90	92,5	95
Ток плавки - а		535	550	565
Мощность плавки-ква COS φ = 0,524		83400	38000	92800
Плотность тока по проводу а/мм²	АС-150	3,57	3,67	3,77
	АС-120	4,46	4,58	4,71
Загрузка трансформаторной группы 3×31500 ква Салаватской ТЭЦ током плавки %		110	113	116

Примечания

1. Для плавки на Салаватской ТЭЦ выделяется трансформаторная группа 3×31500 ква. Регулировка напряжения производится изменением возбуждения генераторов.
2. На Салаватской ТЭЦ и Кумертауской ТЭЦ линии, на которых производится плавка, выделяются на отдельную систему шин.

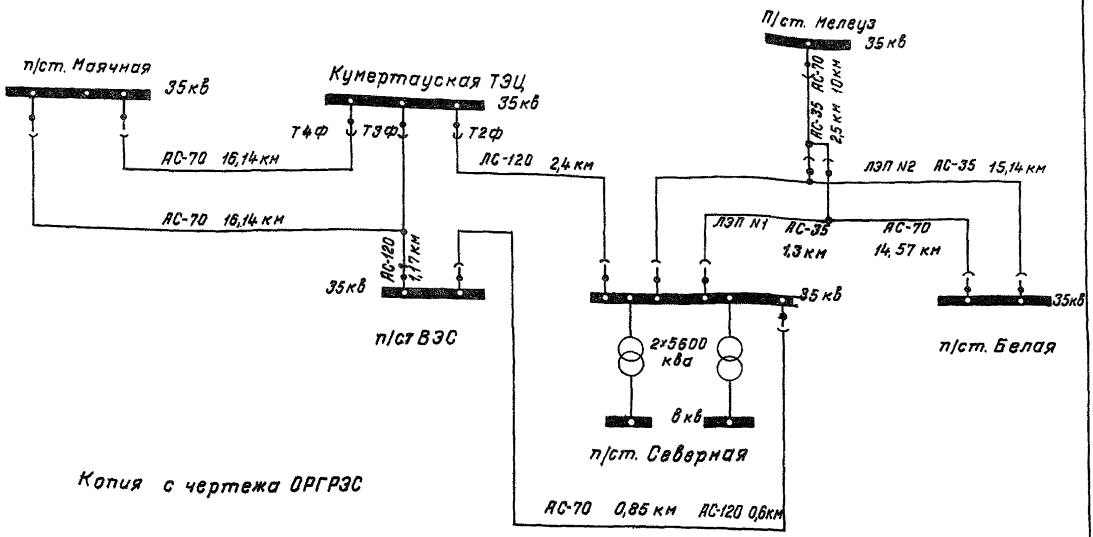
Согласовано:

Гл. диспетчер Башкирэнерго (Ергин)

Нач. ПТО Башкирэнерго (Генин)

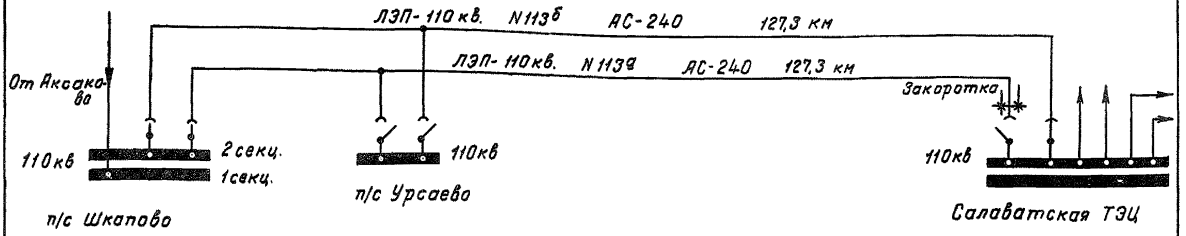
Копия с чертежа ОРГРЭС

ТЭП г. Москва 1958 г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N558/ОДП
	Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП 110 кв Салаватская ТЭЦ-Кумертауская ТЭЦ-п/ст. Северная напряжением 90 кв с шин 110 кв. Салаватской ТЭЦ	лист
	Инженер	Рутбере		Ст. пр.
				Проверил



Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических расчетов		Типовая	N559/ОДП
	Рук. группы	Иоффе	Схема сетей 35кв. Кумертауского узла	Лист
	Инженер	Рутберг		Ст. пр.
				Провери-рил



Напряжение плавки - кв	120	117	115	110	105
Ток плавки - а	666	650	640	610	585
Мощность плавки - ква ($\cos\varphi = 0{,}32$)	138 000	131 500	127500	116000	108500
Плотность тока по проводу АС - 240 - а/мм²	2,78	2,71	2,67	2,64	2,43
Загрузка тр-й группы Салаватской ТЭЦ 15000+31500 ква-106500 ква током плавки - %	121	118	117	111	107

Примечания:

1. На п/с Шкапово ЛЭП N113а и N113б выделяются на отдельную систему шин 110 кВа
2. На период плавки п/ст Урсаево обесточивается.

Согласовано:

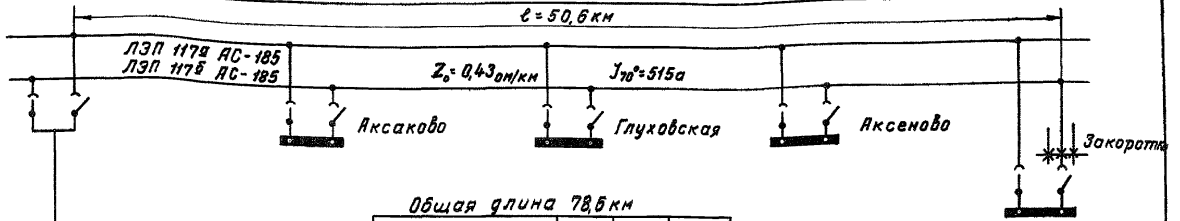
Гл. дисп. Башкирэнерго (Ергин)

Нач. ПТО Башкирэнерго (Генин)

Копия с чертежа ОРГРЭС

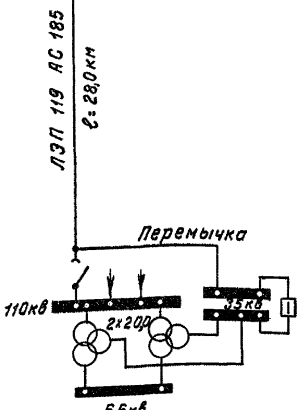
г. Москва 1958 г.

Отделение Дальних Передач Отдел Электрических Расчетов			Типовая	№ 561/ОДП
Рук. группы	Иоффе		Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кв 113а и 113б Салаватская ТЭЦ -Шкапово-Салаватская ТЭЦ напряжением 110кв с шин 110кв Салаватской ТЭЦ	Лист
Инженер	Рутберг			Ст. пр.
				Провер.



Общая длина 78,6 км

Напряжение плавки кв	37,5	36,0	34,5
Ток плавки А	640	620	590
Мощность плавки мва	41,3	38,5	35,4
Плотность тока в проводе А/мм²	3,45	3,35	3,2
Загрузка тр-ров п/ст. Шкапово токон плавки %	105	102	97
То же с учетом нагрузки потребителей % (15 мва)	136	136	136



Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано:

ЦДП: подпись (Ергин)

ПТО: подпись (Генин)

Бринж. ОРГРЭС: (Усачев)

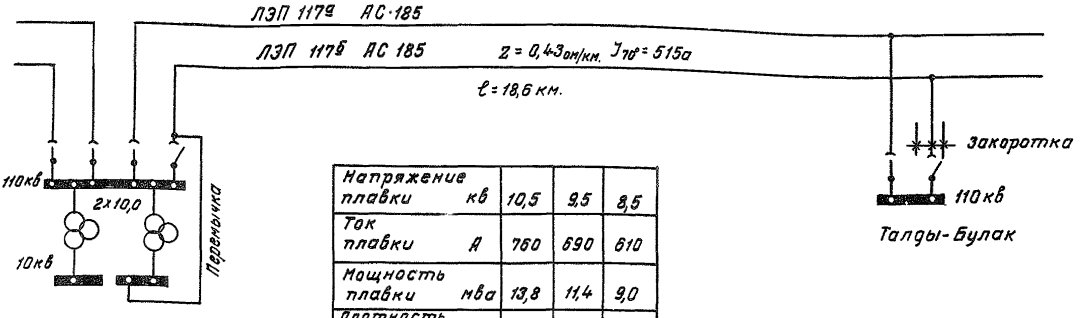
г. Москва 1958 г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая
	Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кв. N119, 117а, 117б, - на участке Шкапово - ЛЭП N117 - Шафраново, напряжением 35кв
	Инженер	Рутберг	

N562/ОДП

Лист

Ст. пр.

Проверил



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/мм²	4,1	3,7	3,3
Загрузка тр-ра п/ст. Абдуллино токам плавки%	138	114	90

Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано:

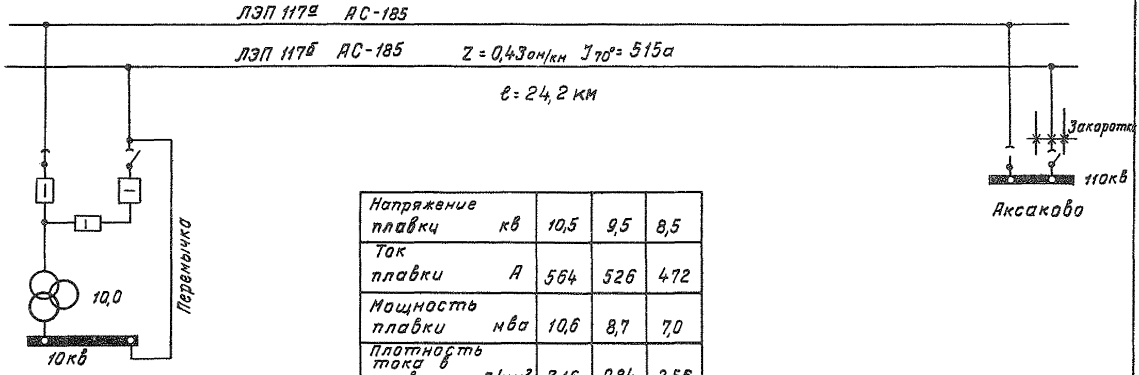
ЦДП (Ергин)
ПТО (Генин)
Бр. инж. ОРГРЭС (Усачев)

г. Москва 1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических расчетов

Рук. группы	Иоффе		Типовая Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кв N 117Г и N 117Б на участке Абдуллино-Талды-Булак, напряжением 10кв
Инженер	Рутберг		

N563/ОДП	
Лист	
Ст. пр.	
Проверил	



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/мм²	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 (Ерегин)

ПТО (Генин)

Бр. инж. (Усачев)

Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических расчетов

Руковод. группы Иоффе

Инженер Рутберг

Типовая

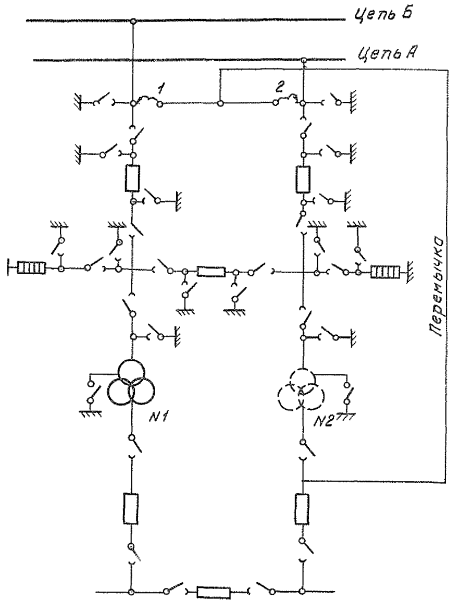
Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кв. N117а, 117б на участке Приютово-Аксаково напряжением 10кв.

N564/ОДП

Лист

Ст. пр.

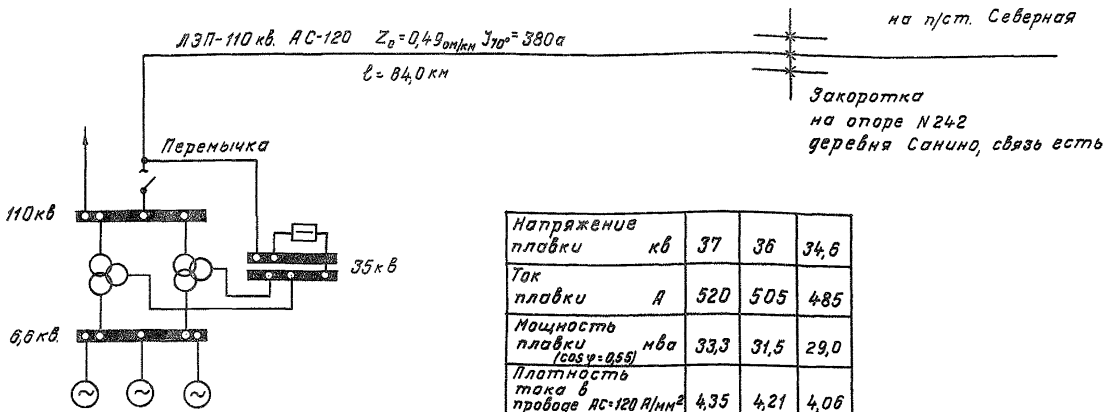
Провер.



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

Копия с чертежа Башкирэнерго

Т Э П г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических Расчетов		Типовая		№565/отп
	Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда с тяговой п/ст. Приютово		Лист
	Инженер	Рутберг			Ст. пр.
					Провер.
					Утвер.



Кумертау ТЭЦ

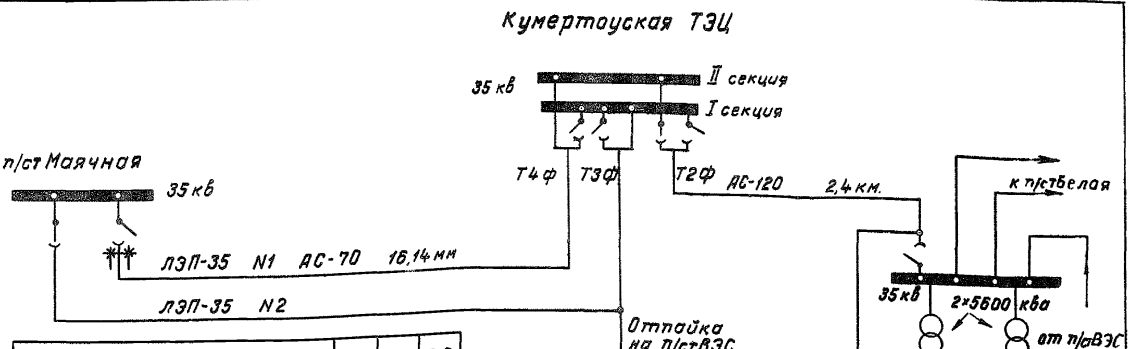
Напряжение плавки кв	37	36	34,6
Ток плавки А	520	505	485
Мощность плавки (cos φ = 0,55) мва	33,3	31,5	29,0
Плотность тока в проводе АС=120 А/мм²	4,35	4,21	4,06
Загрузка 2 тр-в по 31,5 мва Кум. ТЭЦ током плавки	55	53,5	51,5

Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано:

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

ТЭП г. Москва 1958 г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчет.			Типовая	N568/ОДП
	Рук. группы	Иоффе		Схема плавки гололеда на ЛЭП-110 кв, Кумертау ТЭЦ п/ст. Северная научастке Кумертау ТЭЦ-опора № 242, напряжением 35 кв.	Лист
					Ст. пр-та
	Инженер	Рутберг			Проверил



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/мм²	АС-70	4,62	4,7	4,78
	АС-120	2,69	2,74	2,78
Загрузка 2х тр-ров п/ст Северной 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 (Т3ф) 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

г. Москва 1958

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических расчетов

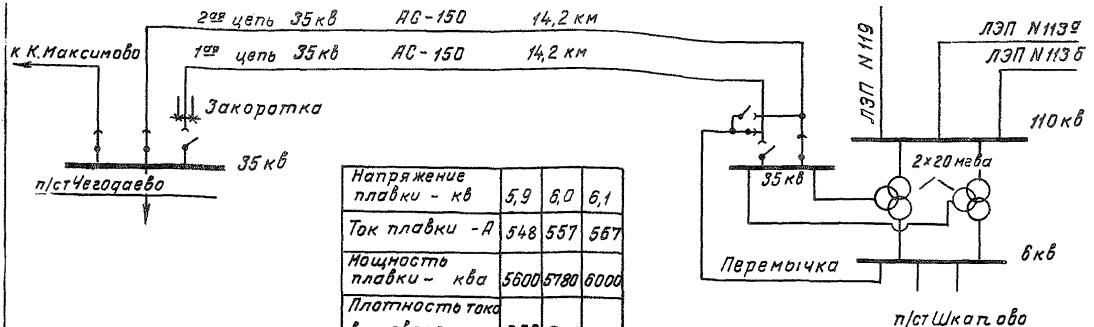
Типовая

Рук. группы	Иоффе	
Инженер	Рутберг	

Схема плавки гололеда на ЛЭП-35 кв п/ст. Северная-Кумертауская ТЭЦ-п/ст. Маячная напряжением 6 кв: с п/ст. Северная

№ 569/ОЭП

Лист
Ст. пр.
Проверил



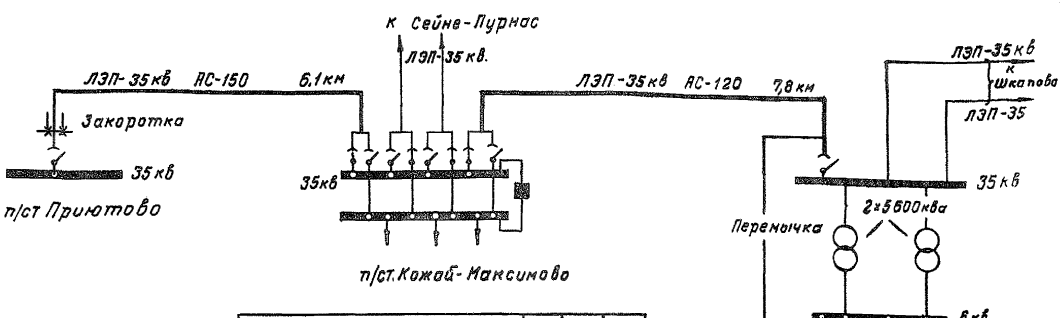
Напряжение плавки - кв	5,9	6,0	6,1
Ток плавки - А	548	557	567
Мощность плавки - ква	5600	5780	6000
Плотность тока в проводе а/мм²	3,66	3,72	3,78
Загрузка 2х тр-ров п/ст Шкапово током плавки %	15,2	15,5	15,7

Примечание: Плавку цепей вести поочередно

Согласовано:
Гл. дисп. Башкирэнерго (Ергин)
Нач. ПТО (Генин)
Гл. инж. Салав. сетевого р-на (Микин)

Копия с чертежа ОРГРЭС

ТЭП г. Москва 1958 г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N570/ODП
	Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП-35 кв Шкапово-Чегодаево с п/ст. Шкапово напряжением 6 кв.	Лист
	Инженер	Рутбере		Ст. пр.
				Проверил



Напряжение плавка- кв		5,9	6,0	6,1
Ток плавки- а		536	545	555
Мощность плавки- ква		5460	5660	5850
Плотность тока в проводе - а/мм²	АС-120	4,43	4,54	4,63
	АС-150	3,57	3,63	3,7
Загрузка трансформаторов п/ст. Чегодаево током плавки %	1 го тр-ра	104	106	108
	2 ух тр-ров	52	53	54

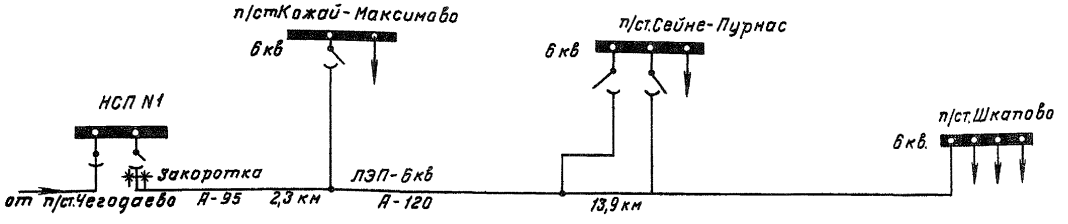
Примечания: 1. На п/ст. К-Максимово в период плавки одна из систем ш. используется для транзита тока плавки от Чегодаево к Приютово
2. На период плавки потребители п/ст. Приютово обеспечиваются

Согласовано:
Гл. диспетч. Башкирэнерго (Ергин)
Нач. ПТО Башкирэнерго (Генин)

Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.

Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	№ 571/ОДП
Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП-35кв п/ст. Чегодаево-п/ст. К-Максимово-п/ст. Приютово напряжением 6кв. с п/ст. Чегодаево	Лист
Инженер	Рутберг		Ст. пр.
			Провери л



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

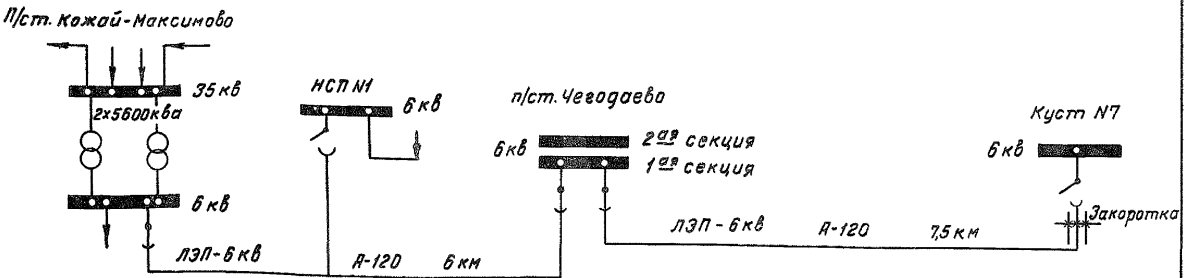
Копия с чертежа ОРГРЭС

Согласовано

Гл. дисп. Башкирэнерго (Ергин)

Нач. ПТО —"— (Генин)

г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических Расчетов		Типовая	№ 572/ОДП
	Рук. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на ЛЭП-6кв п/ст. Шкапово - НСП N1 напряжением 6кв. с п/ст. Шкапово	Лист
	Инженер	Рутберг		Ст. пр.
				Проверил



Напряжение плавки - кв	5,8	5,9	6,0
Ток плавки - а	504	512	521
Мощность плавки	5060	5230	5410
Плотность тока по проводу А-120 а/мм²	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-Максимово и Чегодаево-Куст N7 выводятся на одну секцию шин 6 кв, а отпуск электроэнергии потребителям п/ст. Чегодаево-со второй секции шин

2) На период плавки Куст N7 обесточивается

Согласовано:

Гл. диспетч. Башкирэнерго (Ергин)

Нач. ПТО —"— (Генин)

Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.

Отделение Дальних Передач
Отдел Электрических Расчетов

Рук. группы	Иоффе	М. Иоффе
Инженер	Рутберг	Рутберг

Типовая

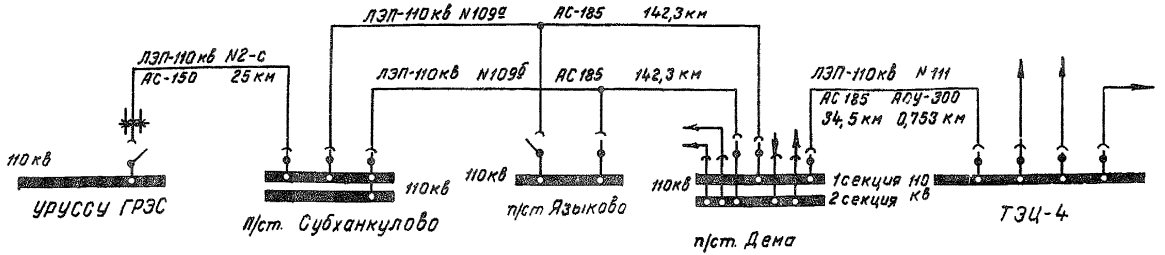
Схема плавки гололеда на ЛЭП-6 кв п/ст. К-Максимово-п/ст. Чегодаево-куст N7 напряжением 6 кв от п/ст. К-Максимова

№ 523/ОДП

Лист

Ст. пр.

Провер.



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/мм2	АСУ-300	2,65	2,54	2,43	2,32
	АС-185	4,3	4,1	3,95	3,75
	АС-150	5,3	5,06	4,86	4,63

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 N109г или N109б поочередно.

Согласовано:

Гл. диспетчер Башкирэнерго (Ергин)

Нач. ПТО —"— (Генин)

Копия с чертежа ОРГРЭС

г. Москва 1958г.

Отделение Дальних Передач Отдел Электрических Расчетов			Типовая	N 574/отп
Рук. группы	Иоффе		Схема плавки гололеда на ЛЭП-110кв N111, 109 "а" или "б" N2-С от ТЭЦ-4 до УРУССУ ГРЭС напряжением 110кв с шин 110кв ТЭЦ-4	Лист
Инженер	Рутберг			Ст. пр.
				Просмотрил

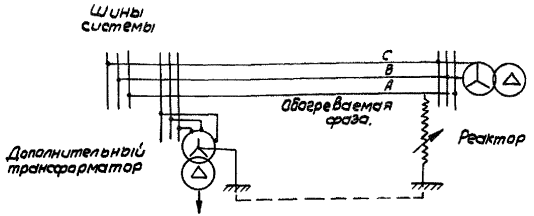


Рис 15. Трехлинейная схема обогрева по методу искусственной схемы к.з.

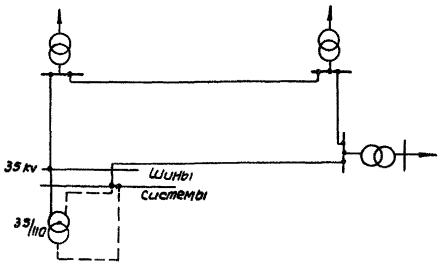


Рис 16. Схема включения рабочего трансформатора подстанции в рассечку кольца при питании его от системы.

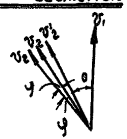


Рис 17. Векторные диаграммы напряжения при включении дополнительного трансформатора в рассечку с целью обогрева.

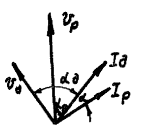


Рис 18. Взаимное положение векторов рабочего и дополнительного напряжений и токов.

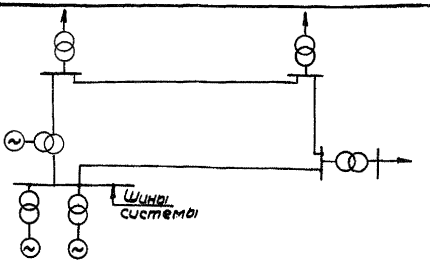


Рис. 19. Схема включения рабочего трансформатора станции в рассечку кольца при питании его от отдельного генератора.

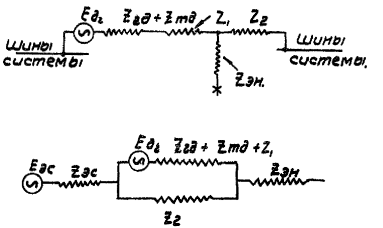


Рис. 20 Расчетная схема при включении трансформатора; питаемого от специального генератора, в рассечку кольца.

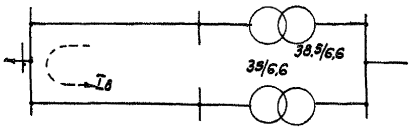
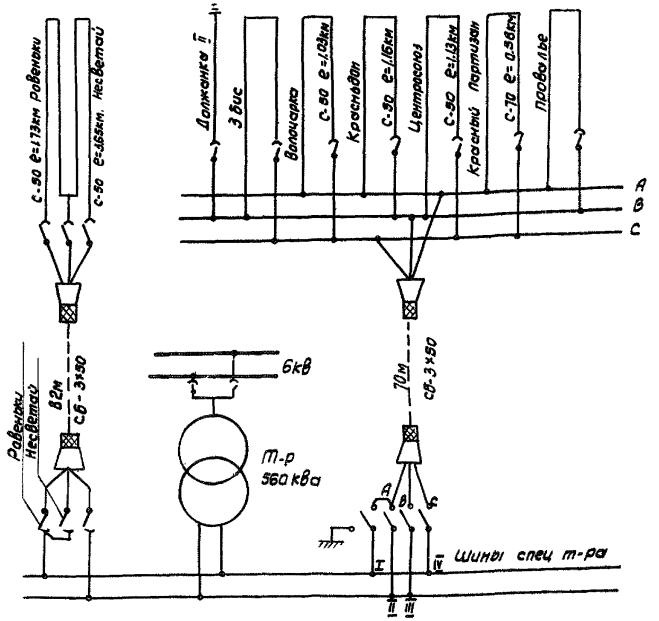


Рис. 21. Обогрев параллельных линий путем изменения коэффициентов трансформации подстанционных трансформаторов.

ТЭП г. Москва 1958 г	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов			Типовая	N 469/0[illegible]
	Рук. груп.	[illegible]	Иоффе	Схемы обогрева проводов (Рис. NN 15-21)	Лист
	Инженер	[illegible]	Синева		Ст.пр
					Провер.



Примечания:

1. Нормально однополюсные разъединители выключены.
2. При плавке гололеда на тросовом подходе линии включается соответствующий разъединитель.
3. Для плавки гололеда на тросовых подходах в ячейке трансформатора включаются следующие разъединители:

1) Провалье
2) Краснодон } АВ ножи I и III

3) Красный Партизан
4) Володарка } АС нож II и IV

5) Центросоюз
6) 3 бис } ВС ножи III и IV

7) Должанка II АВ ножи I и III

Характеристика

специального трансформатора для плавки гололеда на тросах

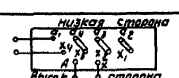
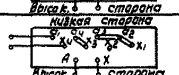
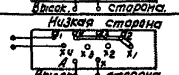
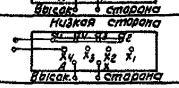
ТОМ – 560/6; однофазный, мощностью 560 ква

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

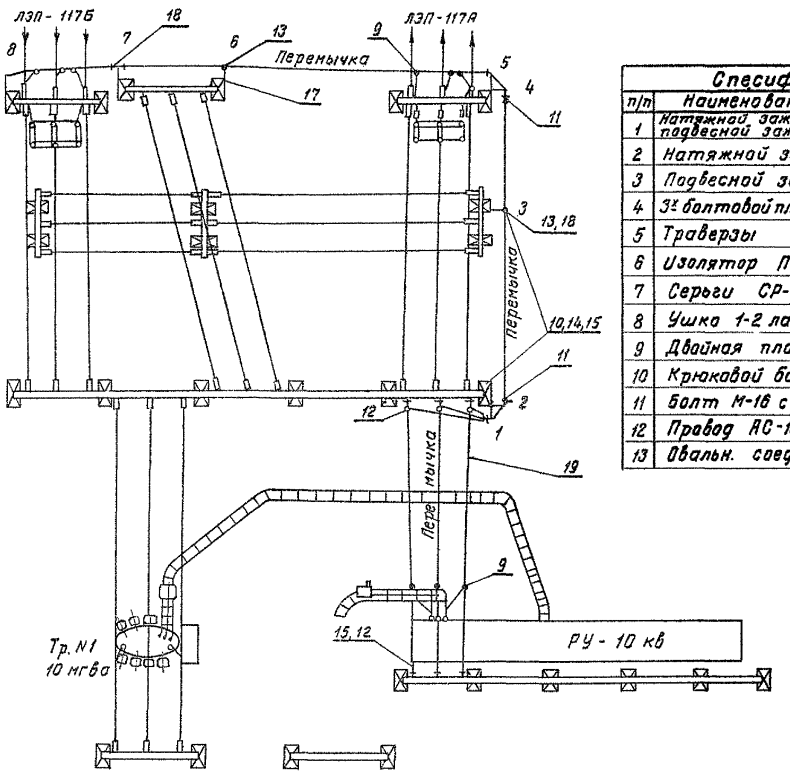
Режим работы кратковременный – 2 часа
Напряжение к.з. – 4.25%
Ток х.х. – 3.17%
Группа соединения – 12
Охлаждение масляное – естественное
Частота – 50 гц.

Схема

переключения низкой стороны трансформатора 560 ква

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

ТЭП г. Москва 1958 г	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов		Типовая	N 471/0211
	Руков. группы	Иоффе	Схема плавки гололеда на тросах ЛЭП 35-110 кв от подстанции Должанка	Масшт.
	Инженер	Синева		Ст.пр.
				Провер.



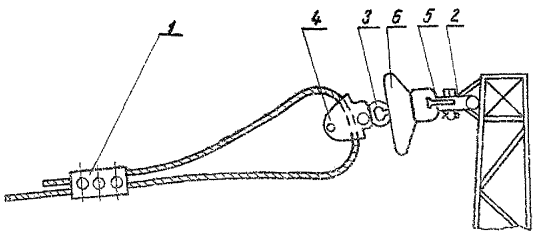
Спесификация			
п/п	Наименование поз.	поз.	к-во
1	Натяжной зажим кауш или подвесной зажим	11	21
2	Натяжной зажим, кауш	12	6
3	Подвесной зажим	13	6
4	3х болтовой плашенный зажим	9	12
5	Траверзы	1-8	24
6	Изолятор П-4,5	10	33
7	Серьги СР-7	14	33
8	Ушко 1-2 лапчатое	15	33
9	Двойная плоская скоба	16	6
10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

Здание тяговой подстанции

Копия с чертежа Башкирэнерго

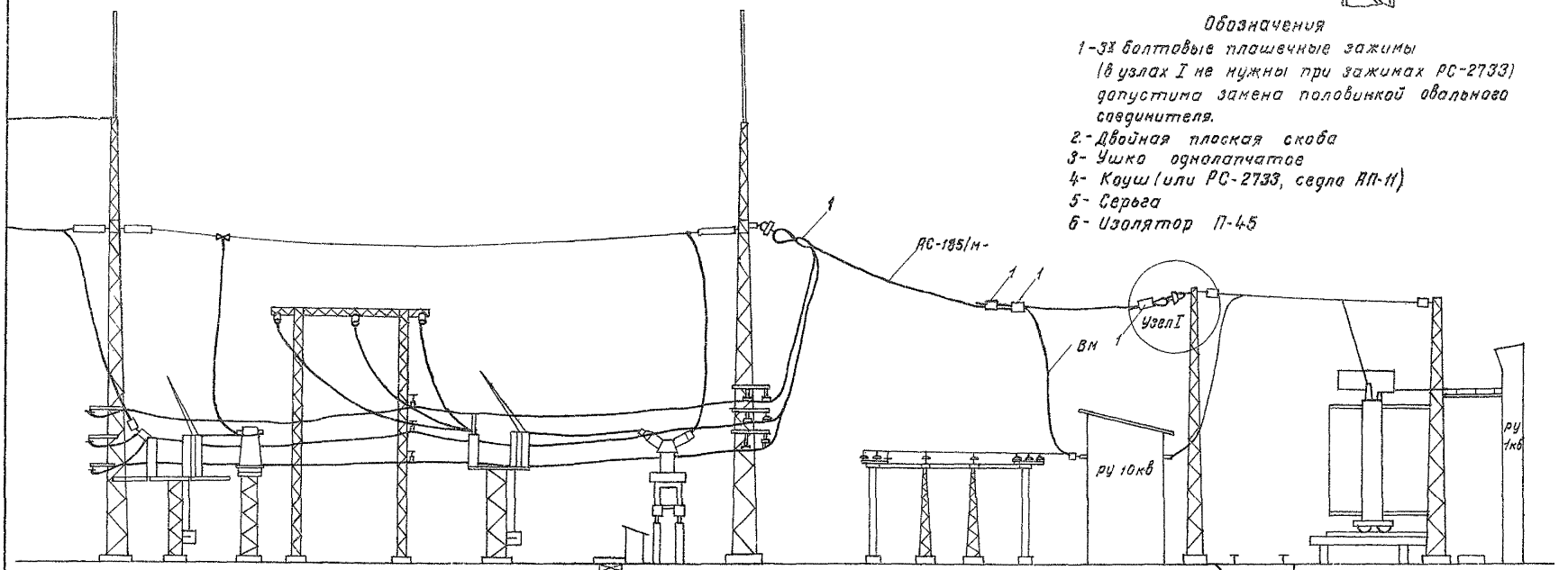
г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел электрических расчетов			Типовая	N566/опп
	Рук. группы	Иоффе		Монтаж на порталах ОРУ-110кв ошиновки схемы, плавки гололе да ЛЭП-110кв N1179 и 1175 с тяговой п/ст Приютово	лист
	Инженер	Рутберг			Ст. пр.
					Провер- ил

Узел I



Обозначения

1 - 3х болтовые плашечные зажимы (в узлах I не нужны при зажимах РС-2733) допустима замена половинкой овального соединителя.
2 - Двойная плоская скоба
3 - Ушко однолапчатое
4 - Коуш (или РС-2733, седла КП-11)
5 - Серьга
6 - Изолятор П-45



Копия с чертежа Башкирэнерго

г. Москва 1958г.	Отделение Дальних Передач Отдел Электрических Расчетов			Типовая	N567/ОДП
	Рук. группы	Иоффе		Монтаж ошиновки для плавки гололеда напряжением 10кв с тяговой п/ст. Приютово для ЛЭП-110кв N1179 и N1179	Лист
	Инженер	Рутберг			Ст. пр.
					Провер- рил

gost.e-ecolog.ru