

В 1912 году в Богородском уезде Московской губернии начало свою деятельность общество "Электропередача". Целью этого предприятия была постройка мощной электростанции, работающей на недорогом местном топливе - торфе. Большинство технических задач, с которыми столкнулись инженеры общества, решались впервые в истории российской электроэнергетики. Одной из таких задач было создание крупной распределительной сети для выдачи мощностей потребителям. Первыми линиями этой сети стали ВЛ 30 кВ, протянутые от станции в посёлке Электропередача к Большим Дворам, Зуево, Павловскому Посаду и другим населённым пунктам Богородского уезда. Вторым шагом стало строительство в 1915 году линии электропередачи 70 кВ на Москву для связи Богородской станции с МОГЭС на Раушской набережной и объединения этих станций в первую в России энергосистему. Важно было обеспечить бесперебойную работу этих линий. Надёжность работы ЛЭП напрямую зависит от качества применяемой на ней арматуры и изоляции, в России на тот момент не существовало собственных производств ни того ни другого. Ряд предприятий, таких как Дулёвский завод Кузнецовых и стекольные мастерские Нечаева-Мальцова, выпускали телеграфные и низковольтные изоляторы, однако технологии их производства значительно отличаются от таковых для высоковольтных изоляторов - наладить производство отечественных образцов в короткие сроки было невозможно. В связи с этим руководство "Электропередачи" приняло решение закупать изоляцию и арматуру зарубежом. Контракты на поставку были подписаны с германскими фирмами: KWH (керамический завод г. Гермсдорфа), "Розенталь" и заводом Иогана Вильгельма Гофмана (JWH). Keramische Werke Hermsdorf и "Розенталь" поставляли изоляторы, JWH - арматуру.

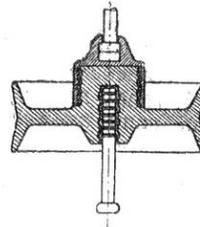


Рис. 1
Оттяжной изолятор
завода KWH, фото
и принципиальная
схема устройства



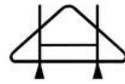
Оттяжной изолятор "Розенталь"



Подвесной изолятор "Розенталь"

На линиях 30 кВ на промежуточных опорах применялись штыревые фарфоровые изоляторы типа "Дельта" производства KWH, а на угловых и анкерных, где требовалось более надёжное закрепление проводов - оттяжные фарфоровые тарельчатые изоляторы KWH и "Розенталь". Оттяжные изоляторы собирались в гирлянды по 3-4 штуки, одним концом гирлянда крепилась к траверсе опоры, к другому концу с помощью натяжного зажима крепился провод. На ЛЭП 70 кВ на всех опорах применялись только тарельчатые изоляторы, на промежуточных - подвесные, на анкерных и угловых - оттяжные. Эти изоляторы относились к конструкции с шапкой и пестиком (ball-socket cap-and-pin insulators), которая обеспечивает шарнирное соединение с двумя степенями свободы, данный тип тарельчатых изоляторов был впервые запатентован американским заводом Огайо Брасс (Ohio Brass) и в настоящее время является основным на ЛЭП всех классов напряжений. Шапка и стержень закреплялись на фарфоровой детали таких изоляторов спомощью специальной мастики или цемента. Конструкция силового узла у изоляторов KWH была цилиндрической, у "Розенталь" - конической. Для присоединения гирлянд изоляторов к опорам и проводам применялась различная линейная арматура, это были ушки, коромысла, серьги и зажимы фирмы JWH.

Эмблемы компаний:



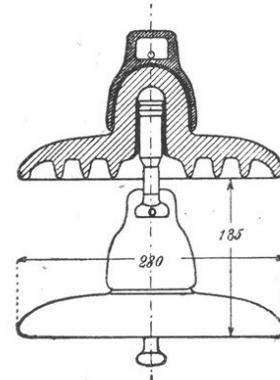
KWH



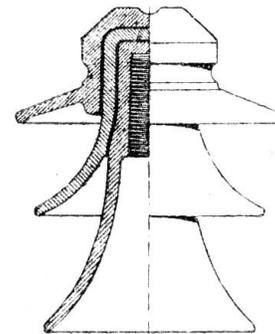
J.W. Hofmann



Rosenthal



Подвесные изоляторы KWH образца 1910-1920 гг.



Изолятор Delta-Glocke KWH, 1910е гг.

В 20м году был принят план ГОЭЛРО, предполагавший введение в строй новых мощных электростанций и строительство новых линий электропередачи, планировалось сооружение сетей новых классов напряжений - 115, 110 и 220 кВ. Для этого требовались надёжные изоляторы и арматура. 13 июля 1920 года на заседании Чрезвычайной Комиссии по электроснабжению обсуждался вопрос о производстве высоковольтных изоляторов в России, в 1920-23 годах на Дулёвском заводе шли работы по созданию штыревых изоляторов для ЛЭП 35 кВ, так же были разработаны нормы ЦЭС на производство и испытание изоляторов. Дулёвские изоляторы был впервые применены в 1921 году на линии 35 кВ от Сормовского завода до Чернораменского болота, принадлежавшего Гидроторфу. Однако, несмотря на то, что эти изоляторы прошли испытания в лаборатории, через год

работы линии оказалось, что они никуда не годны, подвержены отсыреванию и частым пробоям в дождь и влажную погоду. Фарфор оказался недостаточно качественным, и изоляторы пробивались от штыря к проводу через головку. Российским заводам пока что не удавалось создать фарфоровый изолятор, не подверженный старению. В связи с этим невозможно было отказаться от поставок изоляторов из-за границы. Заказы делались у ряда фирм, в их числе: завод HESCHO (Hermsdorf-Schomburg isolatoren gesellschaft, бывший KWH, Гермсдорф, Тюрингия), "Розенталь" (Rosenthal & CO, Зельб, Бавария), "Норден" ("Norden", Копенгаген, Дания), "Телтоу" ("Teltow", Телтоу близ Берлина), "Томас-Хьюлетт" ("Thomas-Hewlett", США). Вплоть до начала 30х годов доля импорта составляла 50% и более от общего числа закупаемых для сетей изоляторов.

Что касается арматуры, то в 20е годы она почти в полном объёме поставлялась заводом Гофмана, находившемся в городке Кёцшенброда близ Дрездена. Это была различная сцепная арматура, такая, как ушки, коромысла, серьги, а так же зажимы множества модификаций для крепления проводов к подвесным и оттяжным гирляндам. Поддерживающие зажимы-"лодочки" поставлялись как обычные-глухие, так и с ограниченной прочностью заделки провода, позволяющие уберечь промежуточные опоры от повреждения в случае одностороннего обрыва. Основным типом натяжных зажимов были клиновые с дополнительной болтовой фиксацией клина. Стоит отметить так же соединительные зажимы оригинальной конструкции с применением заклёпок.

Фирма "Розенталь" была одним из наиболее крупных поставщиков изоляторов. В 1920-1925 годах на заводах "Розенталь" для применения на ЛЭП 35-115 кВ заказывались оттяжные и подвесные тарельчатые изоляторы с традиционной, конической конструкцией силового узла с применением цемента для армирования изолятора. Такие изоляторы, в частности, были закуплены в 1921 году для первой в России линии 115 кВ Кашира-Москва. Так же в 1921 году на фирме "Розенталь" был разработан подвесной изолятор бесцементной конструкции Кегелькопф (Kegelkopf). Причиной появления данной конструкции было то, что первые изоляторы с шапкой и стержнем имели слабое место в виде недостаточно надёжного цементного соединения стержня (пестика) с изолирующей деталью, Kegelkopf-isolator'ы были лишены этого недостатка. Конструкция Кегелькопф предусматривала следующее: стержень,



Оттяжной и подвесной
изоляторы фирмы "Розенталь"
1920-1923 гг.

имеющий на конце 4 "лапки", разогрелся электрическим током и надевался на заранее помещённый в углубление изолирующей детали конус, лапки раскрывались и захватывали конус, в результате стержень расклинивался внутри изолирующей детали, зазор между изолирующей деталью и стержнем заливался свинцом. Таким образом устранялась возможность вырывания стержня из углубления в тарелке. Конструкция силового узла у изоляторов Кегелькопф - коническая. Во второй половине 20х годов изоляторы Кегелькопф поставлялись в СССР и применялись на различных линиях электропередачи, как то ЛЭП 110 кВ Электропередача-Москва, ЛЭП Московского кольца.



Кегелькопфisolator, фотографии и схема



Эмблема HESCHO

Другим крупным поставщиком был завод Hermsdorf-Schomburg. Данное предприятие поставляло несколько типов изоляторов. Самым массовым был подвесной Federring Mt-2030/HA-613, разработанный специалистами ГЕШО в 1922 году. Так же поставлялся изолятор Mt-1175/HA-292 Kugelkopf для подвесных и оттяжных гирлянд и Mt-1175/HA-288 Kugelkopf для оттяжных. Конструкция kugelkopf (Кугелькопф) была разработана в 1914 году фирмой Schomburg & Sohne и является бесцементной. Она представляла из себя следующее: внутрь головки изолирующей детали до обжига вкладывалась предварительно обожжённая часть фарфорового шара (шаровой слой), которая при обжиге изолятора благодаря усадке фарфора оказывалась захваченной в полости изолирующей детали. На вставленный в полость шар помещалась специальная полусферическая гайка, шар

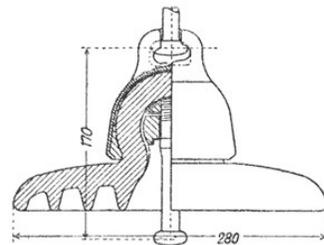


Схема изолятора HA-292

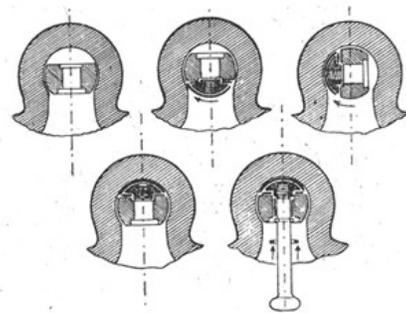
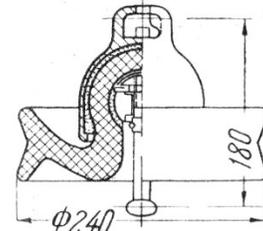
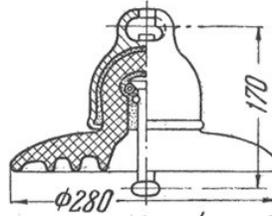


Схема сборки силового узла изоляторов Kugelkopf

проворачивался таким образом, что гайка оказывалась внутри полости, затем в гайку вкручивался стержень, место крепления заливалось свинцом. Конструкция силового узла - коническая. В СССР изоляторы кувалькопф были впервые применены на линии электропередачи 115 кВ Шатура-Москва 1925 года постройки.

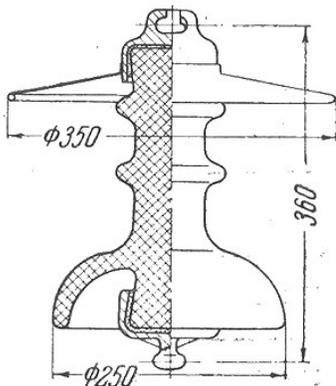


Изолятор Federring, 1928 г.

Изолятор
HA-288

Как было сказано выше, наряду с HESCHO и "Розенталь" изоляторы поставляли и другие фирмы. Датская фирма "Norden" поставляла как тарельчатые изоляторы, так и изоляторы "Моторной" конструкции, разработанной в Германии и считавшейся в 20е годы передовой. Фирма Porzellanfabrik Teltow поставляла тарельчатые изоляторы, аналогичные Федеррингам ГЕШО. Отдельного упоминания заслуживают американские фирмы LOCKE и VICTOR. Их изоляторы поставлялись в СССР в 1944-45 годах в рамках Ленд-Лиза. По сравнению с германскими и советскими, данные изоляторы отличаются меньшими габаритами и весом при аналогичных параметрах. Изоляторы LOCKE и VICTOR применялись на ЛЭП 110-220 кВ.

Линейная арматура J.W.Hofmann electroarmaturenwerk



Изолятор
"моторного" типа,
Norden



Коромысло



Зажим с
ограниченной
прочностью
заделки



Замок для изоляторов



Натяжной клиновой
зажим



Глухой
поддерживающий
зажим

Изоляторы других иностранных фирм:



Norden
Kobenhavn
(Дания)
1923-1926
гг.

LOCKE

Locke insulators,
1944 г.
(США)



Porzellanfabrik

Зарубежные поставки не смогли бы полностью покрыть потребность в подвесных изоляторах и



Государственный
Электротехнический
Трест (ГЭТ)
ВСНХ СССР

полагаться на них в будущем было нельзя. Как говорилось выше, работа над образцами шла с 1920 года, однако создатели первых отечественных высоковольтных



Изоляторы ГЭТ

изоляторов столкнулись со множеством трудностей. Основная работа шла на московском заводе "Изолятор". В 1925 году был сформирован Государственный Электротехнический Трест (ГЭТ) ВСНХ СССР, в который вошли, в числе прочих, и предприятия, производящие электротехнический фарфор. Силами работников завода "Изолятор" в 1927 году был создан первый российский подвесной изолятор. Данный изолятор на 4.5 т нагрузки назывался Е2А и носил маркировку <ГЭТ>. Конструкция изолятора была традиционной для тех лет - с коническим силовым узлом и свинцовым сплавом

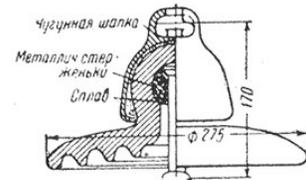
для заделки пестика. Изоляторы данного типа применялись на многих ЛЭП совместно с импортными образцами, но в начале 30х годов были вытеснены более совершенными П-4.5.

На ряду с изоляторным производством налаживалось и арматурное: основными изготовителями арматуры стали заводы треста "Армсеть". В короткие сроки были внедрены в производство все типы необходимой сцепной, поддерживающей и натяжной арматуры. Были разработаны отечественные клиновые и болтовые зажимы, зажимы с ограниченной прочностью заделки, гасители вибрации.

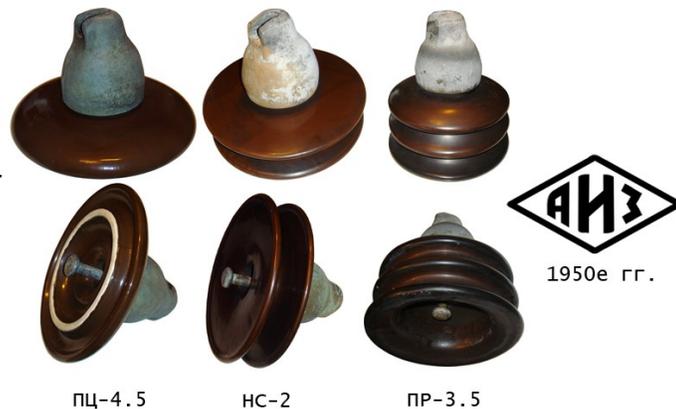
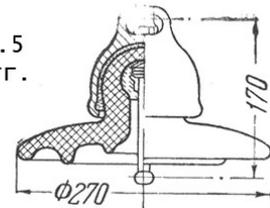
В 1930х годах производство линейной изоляции было уже достаточно хорошо налажено, чтобы отказаться от крупных зарубежных поставок. В 31-32 годах появился изолятор П-4.5 (электромеханическая одночасовая - 4.5 т), который на долгое время стал основным для сетей до 220 кВ. Данный изолятор, как и Е2А, был выполнен по традиционной схеме с применением цемента или свинцового сплава для закрепления стержня. Геометрия изолятора П-4.5 менялась несколько раз за время его производства: изменялась форма тарелки, шапки, но общая конструкция оставалась неизменной - силовой узел конической формы и использование свинцового сплава для закрепления пестика. На момент своего создания изолятор П-4.5 обладал электрическими и механическими характеристиками на уровне иностранных аналогов. П-4.5 имел облегчённую версию - П-3.



Изолятор П-4.5 версии, производимые в 1930х годах



Изолятор П-4.5 1940е-1950е гг.



пц-4.5

нс-2

пр-3.5

Так же на базе силового узла П-4.5 в середине 30х были созданы специальные

изоляторы для загрязнённой атмосферы - НС-2, Пр-3.5, ПП-4.5, ПС-2, ПС-3. Кроме П-4.5 в 31-32 годах были разработаны изоляторы П-2 и П-7. П-2 обладал малыми размерами и весом и предназначался для ВЛ 35 кВ, а П-7, выдерживавший нагрузку в 7 т, использовался на линиях напряжением 220 кВ. В 50е годы на базе П-4.5 был разработан изолятор ПЦ-4.5, так же были модернизированы все специальные типы изоляторов, созданные ранее на базе П-4.5, теперь они были выполнены на базе силового узла ПЦ-4.5, это были изоляторы ПФГ-6, ПФГ-5 (новые обозначения для НС-2 и ПР-3.5) и другие. В это же время были созданы новые изоляторы П-8.5, применявшиеся на линиях 400 и 500 кВ.

После окончания Великой Отечественной Войны фарфоровые изоляторы продолжали долгое время оставаться основными на ЛЭП разных классов напряжения. Несмотря на то, что новые фарфоровые подвесные изоляторы разрабатывались и устанавливались на ЛЭП вплоть до 80х-90х годов, с конца 60х - начала 70х их применение стало значительно сокращаться в связи с внедрением изоляторов нового поколения - стеклянных тарельчатых изоляторов, значительно более лёгких при аналогичных с фарфоровыми параметрах, более надёжных и более удобных в монтаже и эксплуатации.

Автор – Wedge_Antillies (Теор_Мех)

Литература:

1. Инженер И.В. Линде "Справочная книга для электротехниковъ" 11-е издание, вторая государственная типография, 1920 г.
2. А.А. Смуров "Электротехника высокого напряжения и передача электрической энергии", типография им. Бухарина, Ленинград, 1925 г.
3. Техническая Энциклопедия, глав. ред. Мартенс, том 8, АО "Советская Энциклопедия", Москва, 1929 г.
4. А.А. Смуров "Электротехника высокого напряжения и передача электрической энергии" том 1 "Электрическое поле и передача энергии", ГНТИ Москва-Ленинград, 1931 г.
5. Л.Н. Баптиданов и В.И. Тарасов "Подстанции промышленных предприятий", ОНТИ Москва-Ленинград, 1937 г.
6. Электротехнический Справочник (подстанции и сети высокого напряжения) под общ. ред. инженера М.В. Хомякова, ГЭИ Москва-Ленинград, 1942 г.
7. "Электрические изоляторы" под. ред. Н.С. Костюкова, Энергоатомиздат, Москва, 1984 г.