

## ИЗОЛАЦИОННИ КОНЗОЛИ

Инж. Иван Ханджиев

ТУ Варна, катедра Електроенергетика

**Резюме:** Текущото развитие на инфраструктурата на въздушните електропроводи е изправено пред ключови предизвикателства в наши дни от гледна точка на разходите, както и възражения от страна на обществеността, която се е разтревожила от преносните линии. Изграждането и експлоатацията на въздушните линии е изправено пред засилен обществен контрол, дължащ се на тяхното екологично, социално и икономическо въздействие. Размерът и мащабът на въздушните линии могат драматично да променят околния пейзаж. Особено загрижени са трасетата на въздушните линии през или в близост до райони с изключителна природна красота, места за опазване на природата и археологически обекти.

Друга потенциална заплаха за местната среда е нарастващата смъртност от птици, причинена от сблъсък с човешките структури като въздушни линии.

Увеличаване на капацитета за пренос на мощност на съществуващите въздушни линии е едно решение и включва опции като подмяна на сечението на проводника или увеличаване броя на проводниците във фаза.

Едно от най-атрактивните предложения за увеличаване на възможностите за трансфер на мощности на въздушните линии е намаляване разстоянието между фазите на съществуващ електропровод със замяната на напречните конзоли от стоманено решетъчните стълбове с такива, изработени от изолационни материали - композитни конзоли.

**Ключови думи:** Композитни конзоли

## COMPOSITE CROSSARMS

**Ivan Handjiev MEng**

TU Varna, Department of Power Engineering

**Abstract:** *The ongoing development of overhead power line infrastructure faces key challenges today in terms of costs, as well as objections from the public, which has been concerned about transmission lines. The construction and operation of overhead lines is facing increased public scrutiny due to their environmental, social and economic impact. The size and scale of the overhead lines can dramatically change the surrounding landscape. Of particular concern are the routes of the airlines through or near areas of outstanding natural beauty, nature conservation sites and archaeological sites.*

*Another potential threat to the local environment is the growing mortality from birds caused by collisions with human structures such as overhead lines.*

*Increasing the power transmission capacity of existing overhead lines is a solution and includes options such as replacing the wire cross section or increasing the number of wires in phase.*

*One of the most attractive proposals for increasing the capacity for transmission of overhead lines is to reduce the distance between the phases of an existing power line by replacing the transverse brackets of steel lattice poles with those made of insulating materials - Composite Crossarms.*

**Key words:** *Composite Crossarms*

## **ВЪВЕДЕНИЕ**

### **1.1. Въздействие на въздушните линии**

Търсенето на електрическа енергия, поради технологичния растеж и последващото подобрене на жизнения стандарт непрекъснато нараства. Същевременно разпределеното производство и възобновяемите ресурси променят потоците от електроенергия в цялата преносна мрежа. В България целта за 2020 г., определена от Министерството на енергетиката и изменението на климата, е процентът на електроенергията, произведена от възобновяеми източници и ядрената енергия, да достигне 40%. За да се задоволи повишеното търсене на електроенергия и да се свържат новите методи за производство, преносната мрежа ще трябва да се разширява, като главно изгражда допълнителни въздушни линии, когато не е възможно надграждане на съществуващата инфраструктура.

Изграждането и експлоатацията на въздушните линии обаче е изправено пред засилен обществен контрол, дължащ се на тяхното екологично, социално и икономическо въздействие. Размерът и мащабът на въздушните линии могат драматично да променят околния пейзаж. Особено загрижени са трасетата на въздушните линии през или в близост до райони с изключителна природна красота, места за опазване на природата и археологически обекти. Друга потенциална заплаха за местната среда е нарастващата смъртност от птици, причинена от сблъсък с човешките структури като въздушни линии.

В допълнение към визуалното въздействие жителите, живеещи в близост до надземни линии, могат да бъдат засегнати от шумово замърсяване от шумове и шумове, причинени основно от разряд на ефекта корона на въздушни линии, особено при влажни и дъждовни дни. Установено е също, че корона ефекта се намесва в телевизионните и

радиоприемниците. По-важното е, че има опасения относно потенциални здравни проблеми, като рака в детска възраст], причинени от излагането на електромагнитно поле (ЕМП), излъчвано от въздушни линии. Въпреки че повечето от проведените проучвания не са предоставили убедителни доказателства, които показват връзка между въздушните линии и рисковете за здравето, страхът от излагане на ЕМП продължава.

Освен това се оказва, че визуалното присъствие и физическата близост до въздушни линии оказват отрицателно въздействие върху стойностите на собствеността на домакинствата поради възприеманите екологични и социални въздействия. Следователно не е необичайно жителите и местните собственици на земя да са развили силни, отрицателни нагласи към изграждането на нови въздушни линии.

При противопоставянето на обществеността поради гореспоменатото екологично, социално и икономическо въздействие върху местните общности могат да възникнат значителни проблеми и забавяния при получаване на разрешение за строеж на нови въздушни линии. В резултат на това енергетиката търси решения за подобряване на възможностите за пренос на енергия на съществуващата инфраструктура.

## **1.2. Методи за модернизиране на въздушни линии**

Има няколко метода за модернизиране на надземните линии. Повторно опъване на проводници или промяната на носещите стълбове в опъвателни се използва, за да се позволи допълнителен провес на проводника в резултат на повишената термична оценка на подобрената линия. Въпреки това, допълнителния ток и последващите по-високи температури могат да доведат до пълзящи и закалявания при висока температура, които променят физическите свойства на проводника, което води до пластична деформация и повишен риск от фрактури.

- Замяната на съществуващи проводници с нови проводници или проводници с по-голяма площ на напречното сечение може да намали електрическото съпротивление, като по този начин увеличи капацитета за пренос на мощност на линията. Все пак, повишените разходи, повишената тежест и сложните инсталационни техники, които често включват подсилване на стълбовете, правят решението за приемане на този метод, но не и лесно.

- Увеличаването на напрежението на съществуващите линии е друга опция за увеличаване на системните възможности за предаване на енергия, тъй като чрез увеличаване на мрежовото напрежение стойността на тока може да бъде намалена при същата мощност. И все пак, трудностите и разходите, свързани с неговото прилагане, често надделяват над ползите. Оборудването на подстанцията трябва да може да работи при това по-високо напрежение, докато електрическата изолация на стълбовете трябва да се увеличи, което изисква модификации и подсилване на стълбовете и замяна на изолаторите. Освен това, за да се спазят изискванията за радиосмущения и корони, трябва да се замени проводника.

Текущото развитие на инфраструктурата на въздушните електропроводи е изправено пред ключови предизвикателства в наши дни от гледна точка на разходите, както и възражения от страна на обществеността, която се е разтревожила от преносните линии. Докато проводника може да предложи решение от гледна точка на визуално въздействие, това идва с увеличаване на строителните разходи. Поддръжката и ремонтът също са скъпи и отнемат много време. Увеличаване на капацитета за пренос на мощност на съществуващите въздушни линии е едно решение и включва опции като подмяна на сечението на проводника или увеличаване броя на проводниците във фаза. Надстройването на линиите на съществуващите

електропроводи също е възможност и може да се постигне чрез промяна на стълбовете, за да се справят с по-високи напрежения или чрез промяна от единична верига към двойна верига. Все пак, възстановяването на линии по съществуващи маршрути изисква също така съгласие за планиране, което зависи от публичното одобрение - точно както при новите линии. И в двата случая, привеждането на стълбовете във възможно по-малки и ненатрапчиви помага да се намали зрительното въздействие и да се постигне максимално приемане от засегнатите общности, в курортни и урбанизирани райони. Въз основа на тези съображения напоследък има много изследвания, посветени на намирането на нови конструкции на стълбовете, които използват комбинирани конзоли, за да заменят традиционните стоманени. Такава единична изолационна структура би могла да предложи предимства, особено за приложение върху линии в урбанизирани територии, курортни места или резервати. Обаче решението с изолационната конзола не е нито традиционен изолатор, нито традиционна конзола. Това означава, че трябва да се вземат под внимание подходящи тестове и оценки.

Едно от най-атрактивните предложения за увеличаване на възможностите за трансфер на мощности на въздушните линии е замяната на напречните конзоли от стоманена решетка с такива, изработени от изолационни материали. Концепцията за изолираща конзола не е нова.

Проекти, включващи две или четири изолиращи кръстосани оръжия, са създадени от 60-те години на миналия век. Повечето от тях обаче разчитаха на керамичните изолатори, които бяха на разположение в момента, в който конзолите бяха прекалено тежки за практически приложения. През последните години напредъкът в комбинираната технология, намаляването на производствените разходи и предизвикателствата, пред които е изправен енергийният сектор, доведоха

до изолиране на конзолите, които се очертаваха като финансово приемлива алтернатива за компактни въздушни линии или за модернизиране на съществуващите. Продуктите, които понастоящем са налични, се използват предимно върху едностълбови конструкции, а не върху традиционните решетъчни, а в индустрията са по-известни като изолиращи елементи, подсилени подпори или изолатори с хоризонтална V.

Противно на други конкурентни решения, разгръщането на изолационни конзоли изисква минимални модификации на съществуващите стълбове, като в същото време елиминира необходимостта от отделна изолационна верига. В допълнение към увеличената мощност, други предимства на технологията включват по-тясно изискване за право на действие, намаляване на електромагнитното излъчване на нивото на земята и намаляване на визуалното въздействие на линиите, дължащо се на уплътняването на размерите на стълбовете.

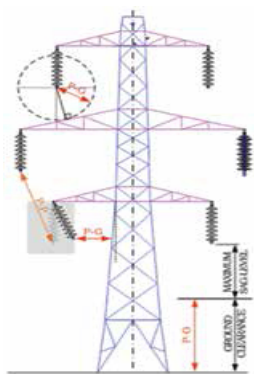
## **2. Конфигурация на стълбовете и Композитни Конзоли**

Обикновена двойна Електропроводна линия използвана в България и западна Европа е показана на фиг. 1

Тук височината на стълба е ефективно определена от фактори като електроизолационни разстояния, провес на проводника, дължина на изолатора, разстояние между проводниците, изолационни разстояния проводник - стълб и изисквания за защита от мълнии. В зависимост от системното напрежение, дължината на обхвата, проводника и сервизната среда някои от тези фактори стават по-важни от другите. Освен това, възможните работни условия (т.е. когато монтажен възел нарушава необходимата въздушна междина към стълба) допринасят за определяне на ширината му и също така при изчисления от проводник-стълб.

Сред основните предимства на композитните конзоли е, че люлеенето на изолятора при ветровити условия е намалено до минимум и вместо това се определя от метални затягащи възли. Също така няма изискване за допълнителна височина на кулата, за да се побере дължината на самия изолационен низ. Следователно използването на композитни изолационни напречни рамена може ефективно да повиши височината на проводниците със същото това разстояние, т.е. около 4 m в случай на 400 kV линия. По принцип такова решение може:

1. Разрешаване на проблеми с просвет на съществуващите линии;
2. позволяват по-голямо провисване на съществуващи или нови проводници, което е от решаващо значение за подобряване на капацитета за пренос на мощност, тъй като позволява на проводниците да работят при най-високи номинални температури, като същевременно не нарушават просветите на земята;
3. Улеснява повишаването на напрежението поради подобрените изолационни разстояния от стълбовете, особено след като рискът от издухване е намален;
4. Разрешаване на по-компактни стълбове с по-малки основи и следователно намалени разходи (Фиг. 5.3)

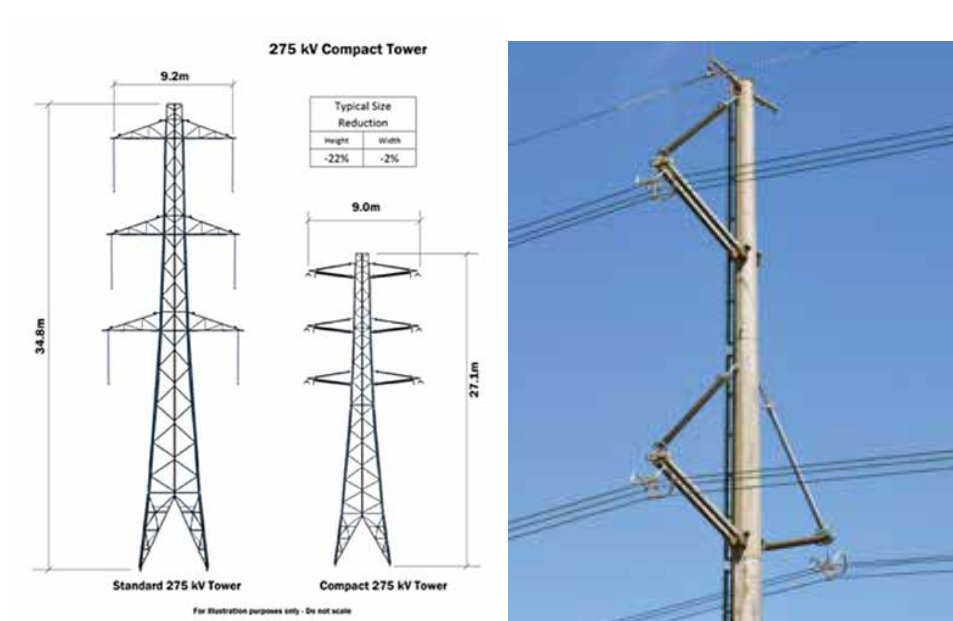


Фиг. 1: Ограничения на височината на стълба (долният ляв изолатор е показан издухан).





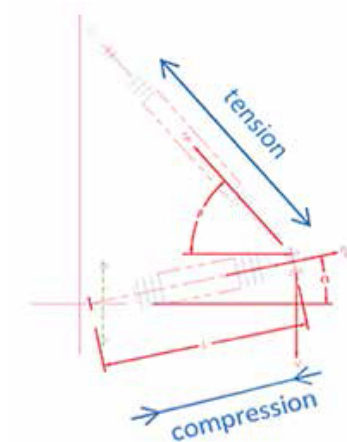
Фиг. 5.2. Пример за „издухване“ показано на 132 kV стълб във Великобритания



Фиг. 3: Компактен електропровод, възможен само с композитни изолационни напречни конзоли.

### 3. Механични изисквания

При нормална работа по-горните елементи на напречното рамо са в напрежение, а долните елементи в компресия (както на фиг. 4). Също така е отбелязано от експерти, че основната граница за прилагане на такова напречно рамо е якостта на натиск на долния му елемент. Ако тази граница бъде надвишена, напречното рамо ще се деформира.



Фиг.5.4: Съображения за проектиране в композитни изолационни напречни конзоли.



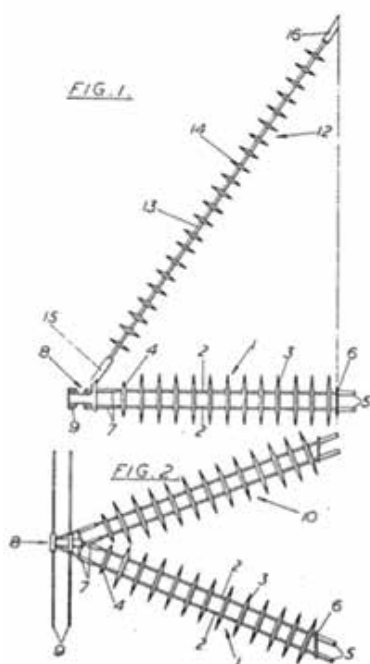
Фиг.5.5. Компактна линия от 420 kV близо до Кейптаун (двойно оформен дизайн).

Обикновено най-екстремната и ограничаваща ситуация за проектиране е при скъсани проводници, в който случай се получават високи асиметрични напрежения в напречното рамо. Това е по-малък проблем за напречните рамена, проектирани да могат да се люлеят настрани, както се вижда на компактни линии, поддържани от стоманени стълбове. Затова композитните изолационни напречни рамена са станали популярни за такива приложения. И все пак, дори в този случай, може да се наложи изолаторите да бъдат „удвоени“, за да осигурят достатъчна якост на натиск (както е на фиг. 5). Това е така, защото традиционните композитни изолатори не са в състояние за осигуряване на достатъчна якост на натиск, тъй като диаметърът им трябва да се увеличи до степен, че те стават твърде тежки или твърде скъпи за производство.

В случаите на стръмен терен, галоп или топене на обледяването, обстоятелствата, при които напречното рамо е изложено на повдигане, също трябва да бъдат взети предвид при проектирането на линията.

#### **4. Електрически изисквания**

Електрическите изисквания на изолационните напречни рамена са по същество еквивалентни на тези на изолаторите, които са предназначени да заменят, т.е. дълъг и сигурен експлоатационен живот под натоварване, както и издържането на мълниеви и комутационни импулси. Избягването на високите стойности на тока на утечката и събития с прескачане на електрическа дъга, също са основни системни изисквания.



Фиг.5.6: Триизмерно композитно напречно рамо, предложено за пръв път през 1964 г. (страничен изглед отгоре, план отдолу).

Обикновено производителността на съществуващите линии поставя еталон за всички нови продукти и стандарти. Същевременно съществуват спецификации на производителя по отношение на характеристиките на изолятора. Местните изисквания за координация на изолацията (т.е. дългозащитна арматура) също трябва да бъдат проектирани в напречното рамо, докато тестовите за корона и частични разряди също са задължителни

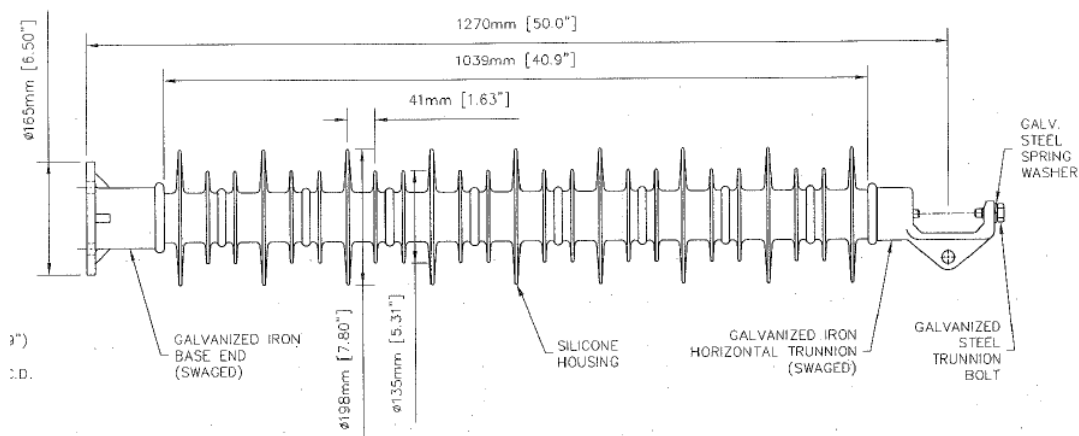
## 5. Реализация на концепцията

Мотивацията зад композитните напречни рамена съществува от много години, въпреки че ранните проекти за подмяна на решетъчни конструкции не се считат за практични поради ограниченията в изолационните материали и системи за деня. Всъщност още през 1964 г. се предполага, че основният проблем с изкривяването при компресия може да бъде решен чрез използване на смолисти стержени, здраво свързани с

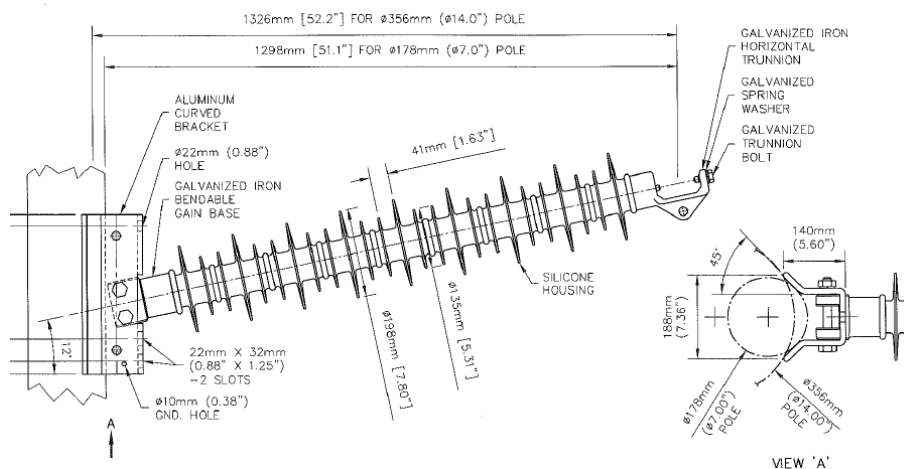
напречни елементи (както на фиг. 6). Практичността на това решение обаче беше ограничена от конструкцията му и от факта, че висококачествени полимери като силиконова гума не бяха на разположение за изолацията и стрехите.

През 1971 г. е разработена напълно изолиращо напречно рамо за решетъчен стълб, базирано на керамична технология (фиг. 5.7), но нейното тегло би изисквало особено здрави и скъпи решетъчни стълбове, а механичните съображения също го правят непрактично.

Като първа стъпка за преобразуване на НВ въздушни линии в Компактна е да се заменят техните метални напречни рамена с изолационни. Това е комбинация от два НВ изолатора, монтирани заедно, образуващи триъгълник или просто с помощта на специално проектирани изолатори. Канадската компания K-line създаде изолатор със специален конзолан товар от 15 kN с различен начин на монтиране върху стълба за по-добър резултат, фиг 5.7. и фигура 5.8.



Фиг.5.7 – хоризонтален монтаж



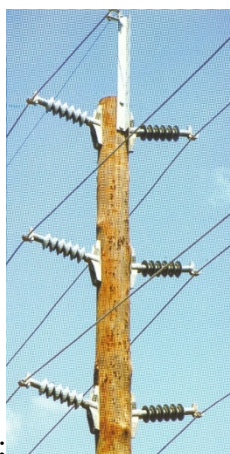
Фиг. 5.8 – монтаж под ъгъл

#### Предимства:

- Лесна инсталация;
- Преобразуване на съществуващи въздушни линии в компактни;
- Контактната скоба е специално проектирана да държи проводника.
- Намаляването на обема на строителството на OHL;

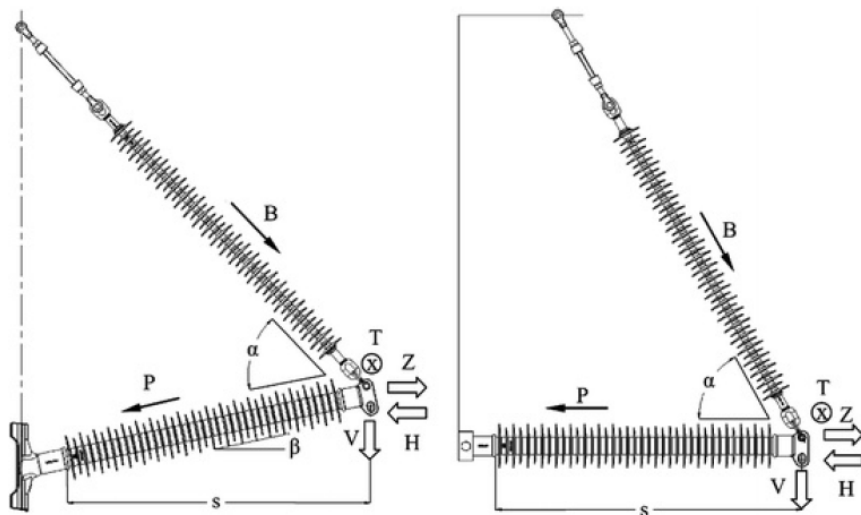
#### Недостатъци:

- Много тежко;
- В случай на неизправности той не може да бъде заменен, освен ако нямате на склад;
- В случай на повреда на клемата, целият изолатор трябва да бъде сменен;



Фиг.5.9 Електропровод с конзолни изолатори K-line

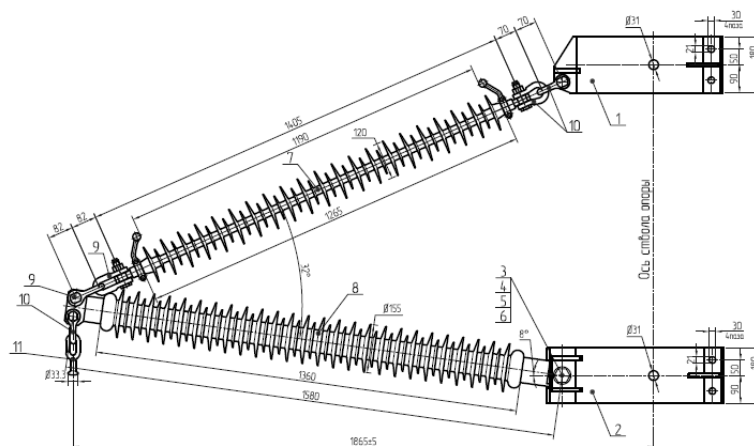
Поради някои недостатъци на изолаторите на K-line са изобретени изолационните напречни рамена, фиг.4, като се използват изолатори K-line, но в допълнение, и опъвателни изолатори се използват във взаимна конструкция.



Фиг. 5.10 Изоляционна конзола на основата на изолатори K-line

За да се избегнат горепосочените недостатъци, са проектирани нови видове напречни рамена, при които елементите на изолатора могат лесно да бъдат заменени в случай на повреда, като се използва комбинация между стандартен тип подпорни изолатори и опъвателни изолатори, създаващи формата на съществуващите напречни рамена, фиг. 5

Този нов тип би могъл да се използва на стълбове от композитни, дървени и бетонни лъжици. Всички нови видове напречни рамена са създадени само за опорни стълбове, но не и за котва. Ето защо ние разработихме напречното рамо за решетъчни опъвателни / междинни ж.р. стълбове с номинално напрежение 110 - 500 kV, фиг. 5.11

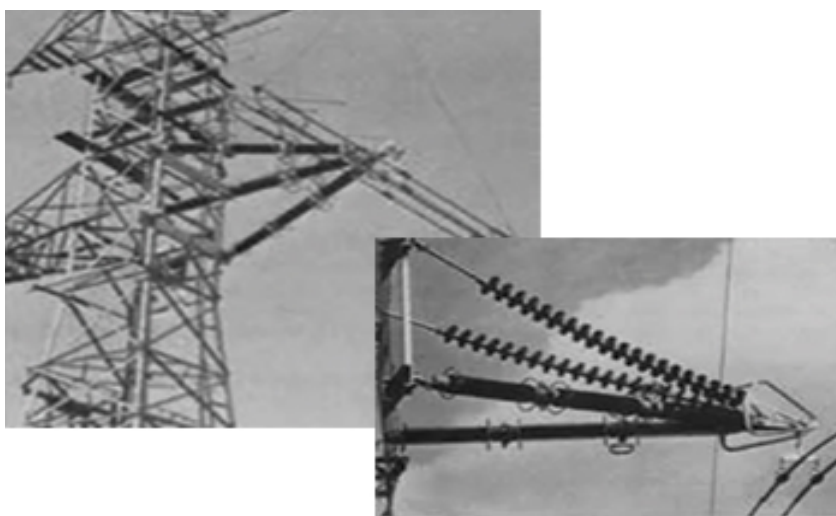


Фиг. 5.11:Изоляционна конзола от нов тип

## 6. Тестване и изпитания на нов дизайн

Нов дизайн на напречно рамо, който може да бъде разположен на решетъчни стълбове 132 kV, 275 kV и 400 kV, е показан на фиг. 5.11. В този случай напречното рамо е монтирано на четири последователни стълба и замества средното напречно рамо на резервна линия. Основните му изоляционни елементи са произведени от стандартно пултрудирано фибростъкло и силиконов каучук, но с уникална и патентована конструкция. Механични тестове и полеви изпитания преди монтажа на напречното рамо е тествано механично (без захранване), за да се проверят дизайнерските техники. По-специално, беше установено, че изпитването на скъсани проводници (т.е. силно асиметрични натоварвания, както на фиг. 9), както и крайните изпитвания на опън, отговарят на проектните прогнози и потвърждават, че напречните рамена наистина могат да издържат на нормалните изисквания за обслужване.





Фиг. 5.12: Изпълнение на две версии на керамично напречно рамо (1971).



Фиг. 5.13: Изолиращо композитно напречно рамо на стълб 132 kV.

По време на двугодишното изпитание, в Манчестърския университет, се проведе мониторинг в реално време, включително видео изображения по време на продължителни снежни периоди. Записани са и скорости на вятъра

над 100 мили в час (160 км / ч). Заедно те предложиха отлични данни за надеждността на низолационната конзола, така че беше решено да се продължи до изпитание на живо

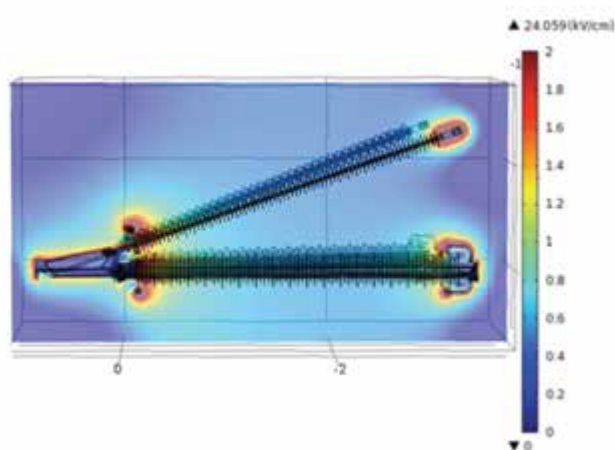


*Фиг.9.14: Тестване на ранна версия с хидравлични системи, възпроизвеждащи състояния на прекъснат проводник.*

Електрическо изпитване и полеви изпитания на Електрическо моделиране с използване на анализ на крайни елементи беше извършено, за да се генерират пълни триизмерни модели на сложните геометрии на устройството при необходимите прецизности. По-специално беше разгледано управлението на напрежението на полето в края на напрежението на напречното рамо.

Стандартните лабораторни тестове за изолационни системи, включително импулсна и влажна издръжливост, бяха завършени преди монтажа на система под напрежение. Това изпитание, захранване с 400 kV системно напрежение, показва две перпендикулярни напречни рамена, монтирани на специално конструиран решетъчен стълб. Напречните рамена бяха поставени перпендикулярно един на друг, за да се определи дали посоката на вятъра играе някаква роля в електрическите характеристики.

Токът на утечката към земята на всеки от четирите изолационни елемента на всички напречни рамена се наблюдава непрекъснато, което позволява да се сравняват всички. Това позволи директно да се сравнят електрическите характеристики на четирите традиционни опъващи елемента с тези на четирите компресионни елемента. В допълнение, обекта беше наблюдаван с помощта на видеокамери, които също осигуряваха близки планове на всички повърхности. Метеорологична станция в горната част на конструкцията позволява наблюдение в реално време на скоростта и посоката на вятъра, относителната влажност, валежите, видимостта и слънчевата радиация, т.е. всички фактори на околната среда, които могат да повлияят на производителността.



Фиг.5.15: Пример за анализ на FEA(Анализ на крайни елементи) по време на проектиране на кръстосано рамо.

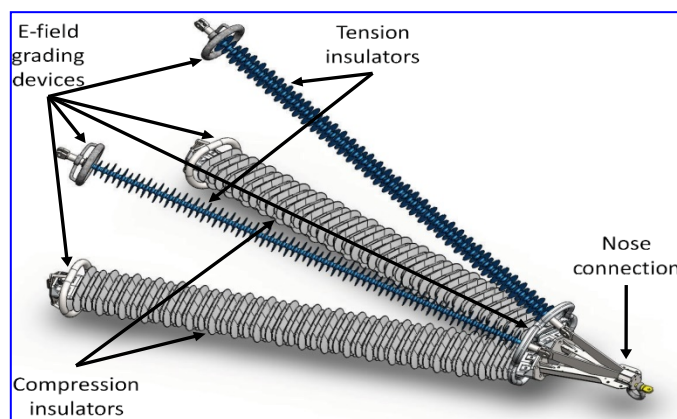
## 7. Изолационната конзола

Работейки за комерсиализирането на технологията на изолационната конзола, Университетът в Манчестър в сътрудничество с Arago Technology и EPL Composite Solutions разработи иновативно решение, предназначено за нови и съществуващи въздушни линии до 400 kV. Конзолатата се състои от четири изолационни елемента, крайни фитинги, устройства за

разпределение на електрическо поле и елементи за закрепване на проводника (фигура 4.16). Хоризонталните елементи, които са основните структурни елементи на конзолата, са проектирани да бъдат подложени на натиск, когато са инсталирани, за разлика от другите изолатори на ВЕЛ. Уникалната, не-цилиндрична форма на сърцевината им позволява да проявяват подобрена устойчивост на огъване и деформация, като същевременно са по-леки и по-евтини от алтернативите с цилиндрична форма със сравнима площ на напречното сечение.



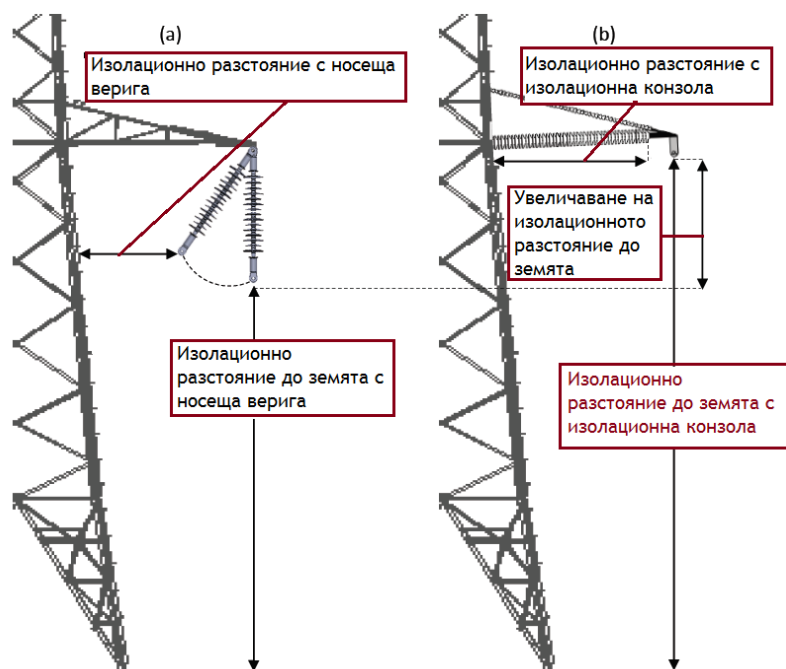
Фиг. 4.16: Изолационна конзола Arago Technology



Фиг.5.17: Изолационна напречна конзола Arago Technology

Основното предимство на конзолата Arago е, че може да се използва за директно заместване на стоманената конзола върху съществуващите решетъчни атълбове. Тъй като самата конзола е е изолираща, необходимостта от допълнителен изолатор изчезва и с него люлеенето на изолацията. Това позволява по-голяма свобода между проводника и тялото на стълба. Също така, проводникът може да бъде повдигнат нагоре, осигурявайки допълнителна свобода от земята (Фигура 5.17).

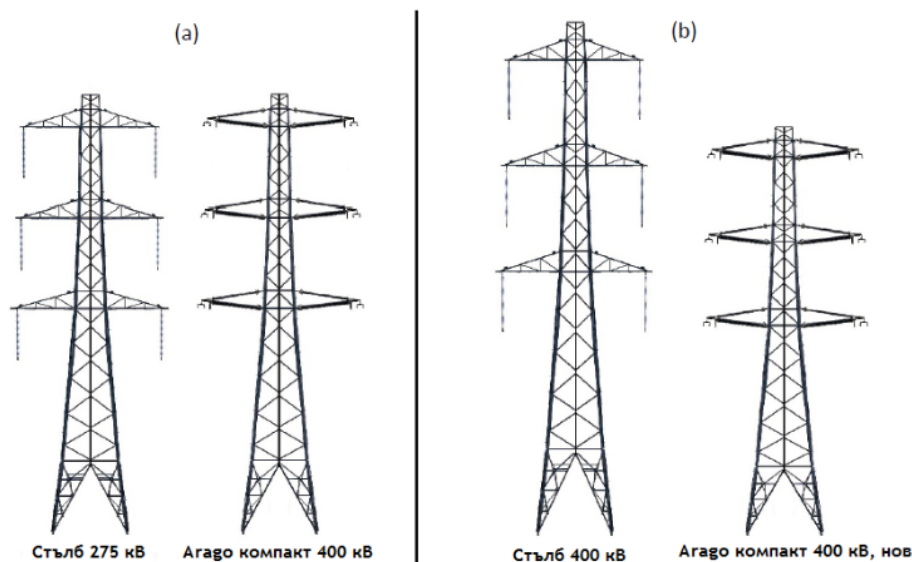
Като се имат предвид увеличените изолационни разстояния от фаза към земя, съществуващия стълб може да бъде модернизиран до по-високо напрежение. Освен това увеличеният клирънс от земята може потенциално да бъде използван за увеличаване на преносната способност на проводниците, като се позволи увеличено провисване на проводника. Пример за стълб, снабден с изолационни конзоли, е показана на Фигура 13 (а), при която един стълб за 275 kV може да бъде превърнат стълб на 400 kV, като същевременно се запази същия габарит. Теоретичните изчисления показват, че чрез смяна на стоманените конзоли с изолационни и поддържане на същото напрежение и един и същ проводник способността за пренос на мощност на линията може да се увеличи с 20% до 30%. Ако замяната на конзолата се комбинира с подмяната на съществуващия проводник с нов проводник и едновременно повишаване на напрежението от 275 kV до 400 kV, подобрението може да достигне 150%.



Фиг. 5.18 – Сравнение изоляционните разстояния фаза-заземени части на стълба и фаза-земя между железно-решетъчен стълб използващ висящи изолатори и изоляционна конзола

Използването на конзолата Arago не се ограничава до реконструкция на монтажа. Може да се използва и за нови конструкции за изграждане на стълбове. Сравнението на стандартен стълб за 400 kV с нов стълб, използващ изолиращи конзоли, може да бъде до 11,2 m или 26% по-къса и до 1,7 m или 13% по-тясна, докато все още отговаря на законовите разрешения (Фигура 13 (b) ). В допълнение към намаленото визуално въздействие, новия стълб предлага и други предимства. Редуцираната височина се превръща в намален момент на огъване, действащ в основата на стълба. В резултат на това количеството стомана, необходимо за него, може да бъде намалено, основите могат да станат по-евтини и времето за изграждане може да стане по-кратко. Освен това общото уплътняване на

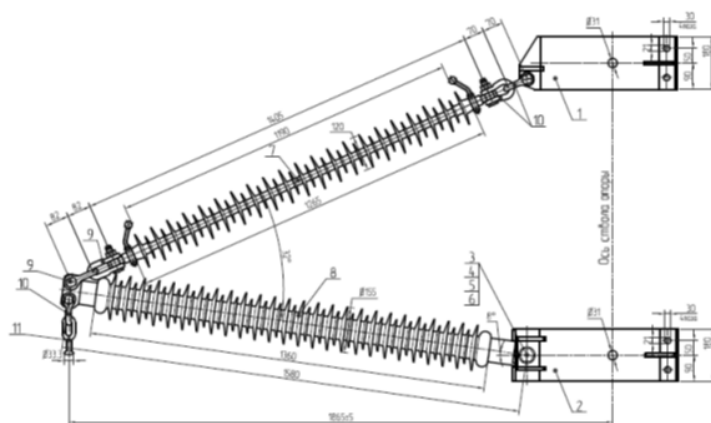
размерите на стълбовете, което ще намали разстоянието между фазите, което може да доведе до по-ниско излъчване на ЕМП от въздушната линия.



Фиг. 5.19: Изолационна конзола *Arago* 400 kV, използвана за ретрофит (а) или за строителство на нова линия (б)

Руската компания ИНСТА е разработила конзола подобна на *Arago*, но олекотена с използването на друг тип изолатори. Разработени са два модела:

- Олекотена конзола за стълбове 110 кВ;
- Тежка конзола за стълбове 220 кВ



Фиг. 5.20: Изолационна конзола „Лек“ тип





Композитните конзоли могат да се използват и за монтаж върху композитните стълбове от ново поколение (вж. Глава 3). Руския водещ производител на композитни стълбове Феникс 88 е раработил и въвел в експлоатация подобни конзоли за стълбовете си 110 и 220 кВ.

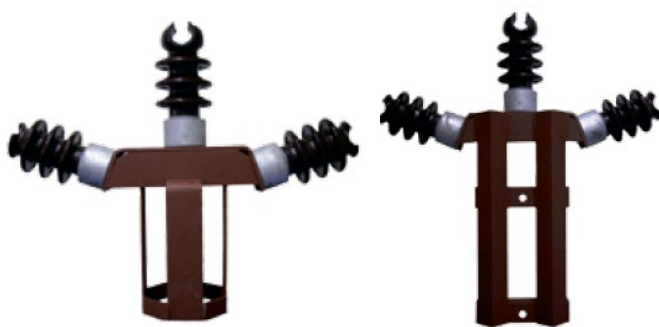


Фиг. 5.23: Композитен стълб 110 кВ с двойна линия с композитни конзоли, Феникс88

- Намаляване на разходите за изграждане на въздушни линии чрез увеличаване на общия обхват: намаляване на броя на междинните опори с увеличаване на височината на точката на закрепване на проводника;
- Намаляване на хабарита на въздушната линия:
  - намаляване на широчината на зоната за сигурност на въздушната линия;
  - намаляване широчината на просеките на въздушната линия;
- Възможност за изграждане на компактни въздушни линии;
- По-ниски експлоатационни разходи в сравнение с експлоатационните разходи за стъклени изолатори, особено в райони на силно замърсяване и активен вандализъм;

- Повишаване на надеждността на въздушните линии чрез увеличаване на нивата на изолация на елементите на изолационните траверси при излагане на мълниеносни пренапрежения и работни напрежения в условия на замърсяване и влага.

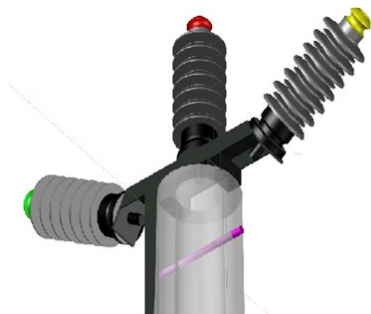
В тази насока две руски компании ИНСТА и Феникс88 са разработили и олекотени конзоли за бърз монтаж за напрежение 12 кВ и 35 кВ.



Фиг. 5.24: Олекотени конзоли за напрежение 12 кВ и 35 кВ, ИНСТА

Имат същите предимства като конзолите за 110-220 кВ, но имат основен недостатък – произвеждат се за бетонни стълбове с квадратно сечение.

Опитвайки се да приспособя тези конзоли към Българските условия (електропроводи 20 кВ) и да избегна недостатъците на руските олекотени конзоли създадох нов тип Моно конзола, за която имам издаден сертификат за Полезен модел №2511.



Фиг. 5.25: Полезен модел на конзола 20 кВ от Ханджиев ЕООД



ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО  
на Република България

**СВИДЕТЕЛСТВО**  
ЗА  
РЕГИСТРАЦИЯ НА ПОЛЕЗЕН МОДЕЛ

№ 2511

Председател:

  
Д-р Петко Николов

Дата: 03.04.2017

Фиг.19. Сертификат за полезен модел

## 8. Заключение

Композитните изолационни конзоли са разработени като част от многогодишна програма за изследвания и изпитвания. Те са предназначени да заменят стоманени напречни рамена и окачени вертикални изолационни вериги на традиционните решетъчни и бетонни (СрН) стълбове, като по този начин позволяват проводниците да бъдат прикрепени директно към напречно рамо.

Основните потенциални ползи за операторите на преносни системи по съществуващите линии включват:

- Ретрофит на стълбове, без промяна в размерите или профила им, като същевременно позволяват до 150% по-голям капацитет поради увеличения просвет на земята и стълба;
- Увеличаване на изолационните разстояния повишаване на клиренса, за да се преодолеят всички възможни местни проблеми;
- По-голяма токопроводна способност на проводниците поради увеличеното допустимо провисване.
- Надграждане на напрежението на съществуващите стълбове, например надграждане на електропровод 110 kV до 275 kV.

| Table 1: Comparison of Traditional Lattice Towers & Those With Composite Insulating Cross-Arms |                          |           |                |           |                         |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|----------------|-----------|-------------------------|-----------|
| Voltage (kV)                                                                                   | Traditional Tower Design |           | Compact Design |           | Typical Size Reduction* |           |
|                                                                                                | Height (m)               | Width (m) | Height (m)     | Width (m) | Height (%)              | Width (%) |
| 132                                                                                            | 27.8                     | 5.7       | 24.3           | 5.6       | -12%                    | -2%       |
| 275                                                                                            | 34.8                     | 9.2       | 27.1           | 9.0       | -22%                    | -2%       |
| 400                                                                                            | 40.0                     | 12.1      | 29.8           | 11.7      | -26%                    | -3%       |

Фиг.5.26: Сравнение на параметрите на традиционен стълб и такъв с изолационни конзоли

**Със съдействието на:**

1. Инж. Христос Захариадис, Университета в Манчестър -  
*DEVELOPMENT OF AN INSULATING CROSS-ARM.*

2. Проф. Саймън Роланд от Университета в Манчестър,  
Великобритания и

3. Г-н Марвин Цимерман, INMR, <https://www.inmr.com/composite-insulating-cross-arms-400-lattice-towers/>

4. Архив на Ханджиев ЕООД