

КОМПАКТНИ ЕЛЕКТРОПРОВОДИ. СЪЛБОВЕ ОТ НОВО ПОКОЛЕНИЕ

Инж. Иван Ханджиев

ТУ Варна, катедра Електроенергетика

Резюме: *С развитието на полимерните композитни материали започва тяхното използване в строителството и електроенергийната индустрия. По-специално фибростъклото се оказва много успешен диелектричен материал. Притежаващ високо електрическо съпротивление (близко до това на стъклото), ниска диелектрична загуба и висока механична якост (на ниво стомана), той е широко използван в носещи изолационни елементи, включително опорни изолатори, и комутиращи апарати..*

Имайки предвид опита, натрупан в експлоатацията на полимерни изолатори и носещи конструкции от фибростъкло в строителството в различни страни по света, започнаха експерименти върху създаването на композитни, предимно стълбове, от фибростъкло.

От друга страна разработката на композитни материали отваря широки перспективи в изграждането, ремонта и експлоатацията на въздушни електропроводи от всички класове напрежение.

Композитните стълбове по линиите от ново поколение могат да отговарят на най-високите изисквания за надеждност, екологичност и естетика с висока степен на ефективност на решенията. Достатъчно е да си представим, че стълб за напрежение 20 kV и 110 kV може да се пренася и монтира ръчно, по линии от 110 kV и по-високо стълбовата конструкция може да се използва и като независим изолатор, да има пряко закрепване на проводниците и заземяването да бъде излишно. Немаловажна и възможността композитните изолационни стълбове да се разглеждат като резерв за аварийно възстановяване за въздушни линии от всички класове напрежение.

Композитните индустриални стълбове се очертават като победител в много региони и климати

Ключови думи: *Компактни електропроводи, Полимерни стълбове за средно и високо напрежение*

COMPACT OVERHEAD LINES. UTILITY & POWER POLES OF A NEW GENERATION

Ivan Handjiev MEng

TU Varna, Department of Power Engineering

Abstract: *With the development of polymer composite materials had began their use in construction and the power industry. In particular, fiberglass has proven to be a very successful dielectric material. Possessing high electrical resistance (close to that of glass), low dielectric loss and high mechanical strength (at the steel level), it is widely used in load-bearing insulating elements, including support insulators, and switching devices.*

Given the experience gained in the operation of polymer insulators and load-bearing fiberglass structures in construction in different countries around the world, experiments began on the creation of composite, mainly fiberglass poles.

On the other hand, the development of composite materials opens wide prospects in the construction, repair and operation of overhead power lines of all voltage classes.

Composite poles along the new generation lines can meet the highest requirements for reliability, environmental friendliness and aesthetics with a high degree of solution efficiency. It is enough to imagine that a pole with rated voltage of 20 kV and 110 kV to be transported and installed manually without using the lifting machines, on lines of 110 kV and higher, the pole structure can be used as an independent insulator, to have direct fastening of the wires and grounding to be redundant. The possibility to consider composite insulation poles as a reserve for emergency restoration for overhead lines of all voltage classes is also important.

Composite industrial poles emerge victorious in many regions and climates.

Key words: *Compact Overhead Lines, Composite Utility and Power Poles*

ВЪВЕДЕНИЕ

През 70 – 80 години на миналия век в условията на икономическа криза, каквото е положението и сега, енергетическите компании в Европа, Азия и Америка са били принудени да търсят начини за намаляване разходите за производство и транзитиране на електроенергия. Възникнали проблеми с получаване на права за прокарване на трасетата за Електропроводите във връзка с поскъпването на земята и недостатъците на вече застроените места. За решаване на въпросите за развитие на електрическите мрежи са били необходими стълбове с малка площ за фундамент, много целеви, лесно транспортируеми и в същото време естетични. Това е довело до появата на съвършено нов тип стълбове за Електропроводите. Така е започнала разработката и производството на стоманени многостенни тубуларни стълбове, на основата на огъната листова стомана и заварена по дължина.

През последните двадесет години технологията на конструиране на тези стълбове се е развила дотолкова, че вече е възможно не само за електропроводите за високо, но и за свръх високо напрежение до 400 kV

Стълбовете представляват конична конструкция, произведена от предварително разкроени и огънати стоманени листове. Стълбовете се състоят от две или повече секции, съединението се извършва по телескопичен път, като застъпващата част е с 1.5 пъти по голям диаметър от диаметъра на вътрешната част на телескопичната връзка.. Съответните параметри на съединението гарантират неговата надеждност както при монтажа, така и при експлоатацията на стълба.

Максималната дължина на всяка секция не надвишава 13.6 м, а максималното тегло на стълба – 24 тона, което е свързано с удобство при транспортиране на стълба с автомобилен или ж.п. транспорт. Височината му

варира от 12 m до 100 m. Конструкцията се изработва от листова стомана с дебелина от 4 – 100 mm, по метода на студено щамповане до придаване на многоъгълно сечение. (16 стенна конструкция).

Елементите на конструкцията се свързват помежду си със заварка по дължина. Най-голямата дължина на един елемент от конструкцията е 12 m. Стълбовете се монтират върху фундамент с помощта на фланци и анкерни болтове.



Фиг.4.1 Елементи на конструкцията

Конзолите на многостенните стълбове се изпълняват като многостенни конически конструкции и се свързват към стълба с помощта на болтове. Мястото за разполагането им се прави в завода производител.



Фиг. 4.2 Монтаж на конзоли

Стълбовете и конзолите могат да са снабдени със стълби или степенчати болтове, служещи за качване на обслужващия персонал по стълбовете и предвижването по тях. По поръчка на клиента могат да се монтира и площадка за почивка.

Стълбовете са защитени от корозия по метода на горещо поцинковане. Поцинковаща вана позволява да се поцинковат конструкции с диаметър до 2 m.

- Стълбовете са естетични, много добре се вписват в ландшафта, нуждаят се от тясна ивица земя за отчуждаване и оказват минимално въздействие на околната среда и удобни за транспортиране. Многостенните стълбове са високотехнологични – разходите за материали за фундамент се намалява 4 пъти, а трудоемкостта при подготовката на цилиндрична основа се намалява 13 пъти в сравнение с фундамента на стомано-решетъчната конструкция.

- Разхода на метизите за тези стълбове се намалява 9 – 20 пъти в сравнение със стомано-решетъчната конструкция.

- Трудоемкостта на монтажа е 7 – 8 пъти по-ниска от тази на стомано-решетъчната конструкция и около 2 – 3 пъти в сравнение със стомано-бетонната.

- Много по-дълготрайни с експлоатационен живот до 50 г., в сравнение със стомано-решетъчната конструкция.

- Малката повърхностна площ на многостенните стълбове снижава разходите по обслужването и преобядисването им.

- Максималната площ на фундамента при многостенен стоманен стълб е 4 м², докато при стомано-решетъчния може да достигне 100 м², което опростява получаването на разрешение от собственика на земята за монтаж на стълб за ВЕП.

- Не се изискват специални превозни средства, секциите се поставят се една в друга при транспортиране, заемат малко място. Ниски транспортни разходи

- Ниското тегло на многостенните стълбове позволява монтажа да се извършва с вертолети, което е от особена важност при строителството на ВЕП в труднодостъпни райони без наличието на пътища.

- Степента на адаптивност на многостенните стълбове няма аналог. Носещата способност на конзолите и ригелите на стълбовете лесно може да се промени в широки граници, както за сметка на дебелината на листовата стомана, така и за изменение на ъгъла на наклона на конуса.

- Лесно може да се пренастрои огъващата машина, без загуби.

- Лесно може да се изменят дължините на секциите на тубуларната конструкция, от които се изработва стълба.



Фиг. 4.3 Монтаж на стоманено-тръбен стълб и фундамент

- Процеса на доставка, монтаж и полагане на тръбните стълбове се осъществява с помощта на по-лека техника и по-малко персонал. Простотата на конструкцията позволява на опитна бригада от 5-6 души да полага 7-8 стълба на ден на предварително подготвени фундаменти

- Коничните тръбни стълбове дават възможност за изпълнение на различни експлоатационни решения (носеци, опъвателни, ъглови, крайни, кабелни, разклонителни и пресичащи се стълбове). Спецификата на тръбните стълбове се явява във възможността да се поставят по-високи стълбове, изчислени на големи усилия, което позволява намаляване броя на стълбовете в линията. Това има голямо значение при колизии с обекти на инфраструктурата (преминаване през реки, обекти на градската и ж.п. инфраструктура).



Фиг.4.4 Естетичност на тубуларните стълбове

- Максималната площ на фундамента при многостепен стоманен стълб е 4 м², докато при стомано-решетъчния може да достигне 100 м², което опростява получаването на разрешение от собственика на земята за монтаж на стълб за ВЕП.

- Не се изискват специални превозни средства, секциите се поставят се една в друга при транспортиране, заемат малко място. Ниски транспортни разходи

- Ниското тегло на многостенните стълбове позволява монтажа да се извършва с вертолети, което е от особена важност при строителството на ВЕП в труднодостъпни райони без наличието на пътища.

- Степента на адаптивност на многостенните стълбове няма аналог. Носещата способност на конзолите и ригелите на стълбовете лесно може да се промени в широки граници, както за сметка на дебелината на листовата стомана, така и за изменение на ъгъла на наклона на конуса.

- Лесно може да се пренастрои огъващата машина, без загуби.

- Лесно може да се изменят дължините на секциите на тубуларната конструкция, от които се изработва стълба.

- Наличието на компютърни програми позволява наличие на производство с висока

- степен на готовност за промяна диапазона на носещата способност на стълбовете в широки граници.

- Особено важно е в последно време устойчивостта на този вид стълбове към актове на вандализъм – невъзможност от демонтиране на части или цялата конструкция.

- По международни данни – капиталните разходи за 1 km ВЕП са 25 – 50 % по- ниски от използването на стомано-решетъчната конструкция.или железно – бетонните стълбове.

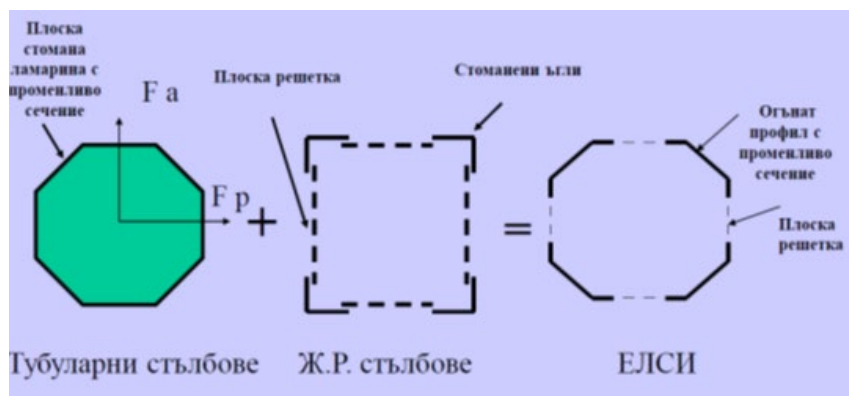
- Използването на многостенните стълбове е почти необятно – за ВЕП, за портали на подстанции. стойки под оборудване, стълбове за градския и ж.п. транспорт, стълбове за осветяване на ж.п. гари, стадиони и улично осветление на населени места, за телефонни и телеграфни стълбове, мачти за мобилните мрежи, мачти за ветрови генератори и др.

Въпреки многото си предимства стоманено-тръбните стълбове имат един голм недостатък – те са много тежки. Независимо, че секциите се

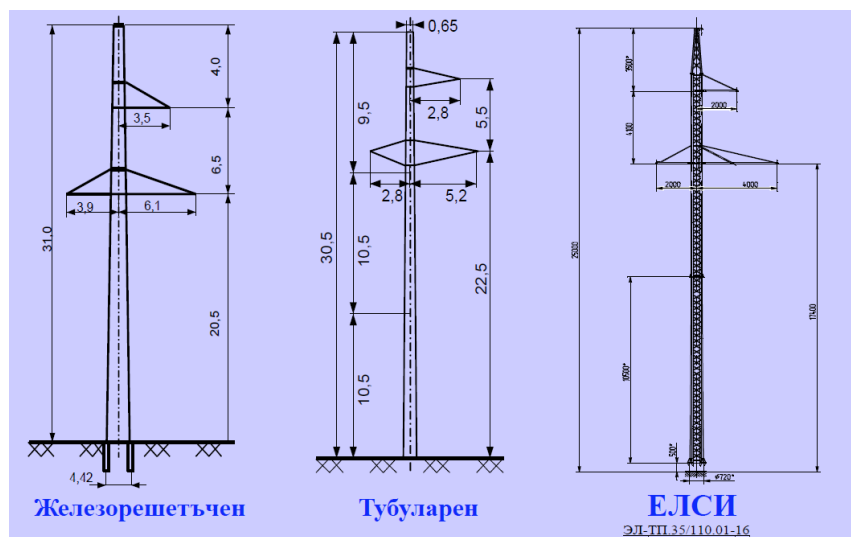
транспортират една в друга за спестяване на място, не е възможно да се транспортира един стълб 110 кВ в едно транспортно средство, защото ограничението е до 20 т.

Освен това в блатисти места или в тундрата, не е възможно строителството или ремонт на електропроводи да се осъществява с тези стълбове.

Руската компания ЭЛСИ е разработила нов тип стълбове, който е комбинация от класическите ж.р. конструкции и тубуларните стълбове. Техните стълбове имат тясна основа и изменящо се сечение като тубуларните и решетка като при ж.р. стълбовете. Комбинирането им позволява да използваме предимствата и на двата типа стълбове и в същото време да избягваме недостатъците им.



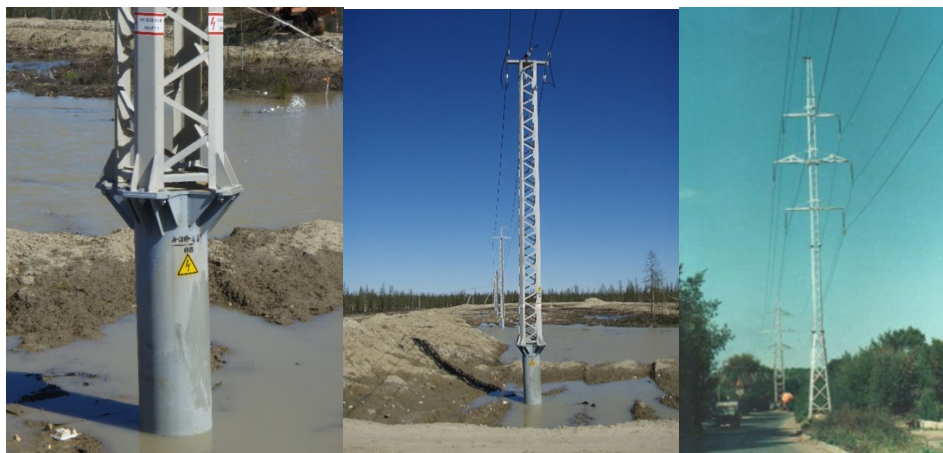
Фиг.4.6 Сравнение на типовете стълбове



Фиг.4.7 Видове стоманени стълбове

Основни предимства на новите стълбове:

- **МАЛКО ТЕГЛО** – за сметка на рационалното използване на механичните характеристики на стоманата;
- **ЛЕСНА СГЛОБКА** – стълбовете се състоят от фабрично сглобени секции с дължини 5 – 10.5 m
- **ПРОСТИ ФУНДАМЕНТИ** – използват се винтови фундаменти или стоманени тръби забити в земята без бетон;
- **НАМАЛЯВАНЕ СЕБЕСТОЙНОСТТА НА ВЕП** – се постига за сметка на намаляване времето на доставка и строително-монтажни работи (СМР);
- **ГЪВКАВОСТ НА МОНТАЖА** – позволява на стълбовете да поемат динамичните натоварвания от „галопиране”, обледяване или скъсване на проводниците, земетресение и др.



Фиг.4.8 Олекотен стълб ЕЛСИ и фундамент за 6 кВ и 110 кВ

В процеса на работата на компания Ханджиев ЕООД с Енергийния Системен Оператор (ЕСО) в България, бях помолен да намеря възможност за конструиране на аварийен стълб за 110 кВ, който да е лек и да се монтира лесно без наличието на подемна техника, за планински местности, където няма достъп за автомобилен транспорт. Със съдействието на компанията ЕЛСИ и нейния собственик г-н Юри Гунгер беше разработен нов стълб с полимерна конзола, с обтяжки и наземен повърхностен фундамент.

Стълбът се състои от 6 комбинирани секции (железорешетъчна конструкция захваната в двата си края със стоманени фланци). Получиха се стомането-тръбни секции с железорешетъчна конструкция. Теглото на стълба е 820 кг с изолаторите и арматурата.



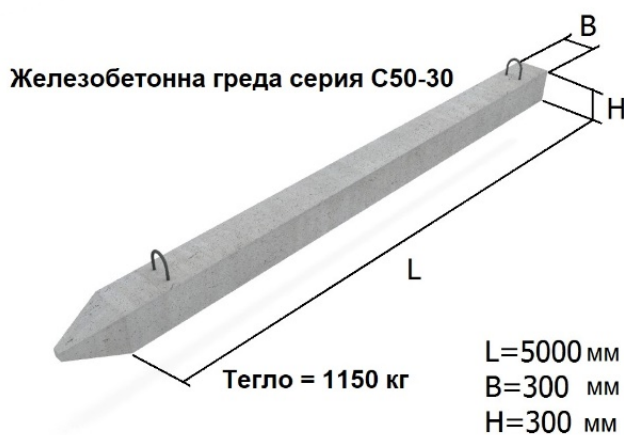
Фиг. 4.9 Повърхностен фундамент



Фиг.4.9 Стоманен стълб на обтяжки с въжана конзола от полимерни (силиконови) изолатори

Конструктивно стълба се състои от две стойки, долните им части са шарнирно закрепени на една основа, а горните им части са са съединени с въжана полимерна конзола (фиг.9). Всяка стойка представлява 3 секции от стоманена конструкция с квадратно сечение изработена от 4 бр, L образни винкела поставени в ъглите и съединени на определено разстояние с планки. Големината на квадратното сечение, дебелината на винкелите и планките, а така също разстоянията между планките се избира според механичното

натоварване на стълба. Натоварването от проводниците се предава в стойките и обтяжките чрез въжената полимерна конзола, състояща се от 4 бр. Силиконови изолатора, като крайните изолатори са предназначени за фазното напрежение, а средните за междуфазно напрежение (за стълб ПС110ПВ, крайните изолатори са тип ЛК120/110, а средните ЛК 120/150). Надлъжните и напречните обтяжки обезпечават необходимата механическа устойчивост на стълба при въздействие на ветровете и тегловите натоварвания, а също така и в аварийни режими на ВЕП. Стълба се поставя на железобетонна греда тип С 30 – 50. Фундамента (Бетонната греда) се поставя на повърхността на земята без да се вкопава в нея.



Фиг. 4.10 Повърхностен фундамент

Обтяжките се закрепват в земята с помощта на железобетонни или винтови фундаменти или цилиндрични анкери. Стълба тежи 860 кг, като при това теглото на най-тежката секция е 110 кг, което позволява при необходимост товаро-разтоварните работи и монтажа да се извършват на ръка.

Дадената конструкция на стълбовете се отличава с повишена устойчивост към възприемане на динамическите натоварвания за сметка на

хоризонтално разположените фазни проводници в една равнина и единна демферираща верига (образувана от въжената конзола от силиконови изолатори и обтяжките).

Наред с факта, че електропровода е построен на относително не високи стълбове (14.2м), разглежданата конструкция даже при отсъствие на мълниезащитно въже притежава повишена мълниеустойчивост за сметка на хоризонтално разположените проводници в една равнина и естествения ефект на екраниране на ВЕП от повърхността на земята.

Разтоварването, монтажа и изправянето на стълба с тегло 860 кг се изпълнява от бригада от 5 души, използвайки лебедка (монтажа на стълба се извършва за сметка на използването на падаща стрела) и площадка за изправяне чрез хидравлична стрела или кран се извършва максимум за 2 часа.



Фиг. 4.10. Монтаж на стълб с полимерни конзоли

Специалисти от Централните електрически мрежи на клона на ОАО «МРСК Урал» - «Челябэнерго», провелиха тренинг за разработване на технология за сглобяване и монтаж на стълб тип ПС110ПВ.

Развитието на икономиката и индустрията обуславя необходимостта от строителството на нови или надстрояването на съществуващи разпределителни електропроводни линии. Познатите от експлоатацията бетонни, железорешетъчни и в последните години стоманено – тръбни

стълбове, вече не са толкова ефективни както в началото. Разпределителните компании започват да търсят алтернативни материали за тях. Преминването от бетонни към дървени стълбове (САЩ) или изцяло използване на дървените стълбове (Великобритания, Гърция, Сърбия) за определен момент могат да послужат. Но в същото време Европейската Комисия излезе с директива за намаляване използването на креозот като импрегниращ материал за тях. „Брюксел, 26 юли 2011 г. — В резултат на затягането на правилата от страна на Европейската комисия от 1 май 2013 г. влязоха в сила строги ограничения върху използването за промишлени цели на креозота — токсичен химикал, известен с употребата си върху дървени траверси за железопътни линии и електрически стълбове и в направата на огради. Креозотът, който е канцерогенно вещество, не може повече да бъде пускан на пазара на ЕС, освен ако някое дружество получи изрично разрешение за това“. Ограничаването в използването на канцерогенни вещества за импрегниране на стълбовете в разпределителните мрежи или замяната им с други неканцерогенни, означава оскъпяване на строителството с този материал.

С развитието на полимерните композитни материали започва тяхното използване в строителството и електроенергийната индустрия. Поспециално фибростъклото се оказва много успешен диелектричен материал. Притежаващ високо електрическо съпротивление (близко до това на стъклото), ниска диелектрична загуба и висока механична якост (на ниво стомана), той е широко използван в носещи изолационни елементи, включително опорни изолатори, разединители с високо напрежение и други комутиращи апарати. Важна характеристика на фибростъклото, в сравнение с монолитно стъкло и керамични изолационни материали, е неговата еластичност и ниска чупливост. Благодарение на това полимерните

изолатори с носеща рамка от фибростъкло се оказаха способни да издържат на аварийни (включително) ударни механични натоварвания, при които порцелановите и стъклените изолатори се разрушават. Композитните изолатори в този случай само се деформират, но запазват своята цялост и експлоатационни характеристики.

Имайки предвид опита, натрупан в експлоатацията на полимерни изолатори и носещи конструкции от фибростъкло в строителството в различни страни по света, започнаха експерименти върху създаването на композитни, предимно стълбове, от фибростъкло. Пионерите на практическото приложение на такива стълбове бяха електрическите мрежи на САЩ и Канада. Това се дължи на трудните климатични условия на тези страни: чести ураганни ветрове, тежък лед. При такива условия значително по-голямата еластичност на фибростъкло в сравнение със стоманобетона позволява на стълбовете да издържат на временни претоварвания без повреди и необратими деформации.

От друга страна разработката на композитни материали отваря широки перспективи в изграждането, ремонта и експлоатацията на въздушни електропроводи от всички класове напрежение. Използването на здрави и леки диелектрични стълбове позволява да се преразгледат не само принципите за осигуряване на надеждност при механични натоварвания, но и да се повиши ефективността на активни и пасивни мълниезащитни комплекси.

Композитните индустриални стълбове се очертават като победител в много региони и климати

<https://www.utilityproducts.com/home/article/16003012/composite-utility-poles-emerge-as-winner-in-many-regions-and-climates>

Линиите за комунални услуги обхващат страната, повсеместни, почти невидими, пресичащи пейзажа и доставящи енергия на милиони американци във всеки климат и региони - от градове, предградия, ферми и полета до пустини, блата и планини.

Според някои оценки в Съединените щати има над 150 милиона индустриални стълбове, носещи стотици милиони мили електрифицирани линии. Що се отнася до Разпределителните предприятия, поддръжката, подмяната и инсталирането на нови линии предлагат много уникални проблеми и предизвикателства, които не винаги могат да бъдат решени с помощта на съществуващи методи, архитектура или оборудване.

Често успешното преодоляване на тези препятствия изисква нестандартно мислене и готовност за обмисляне на нетрадиционни пътища и възможности. Перфектен пример за това е желанието на разпределителните компании за опростена, лека и рентабилна система за инсталиране на стълбове за комунални услуги в отдалечени, пустини, задник и труднодостъпни райони, където достъпът до ресурси може да бъде труден.

Композитните индустриални стълбове предлагат високоякостно, трайно, леко и необслужващо решение, което прави монтажа и дизайна на линиите лесни. Тези предимства могат да помогнат за компенсиране на по-високи предварителни разходи за композитни стълбове; по-дълъг живот, намален товар и по-бърз монтаж допринасят за общите по-ниски разходи за притежание на стълбовете.

По време на правенето на бизнес с Ameren Utilities на няколко композитни инсталации, Duratel беше сезиран за уникален проект в района на Pilot Knob на територията на обслужване на Ameren в Мисури. Амерен се сблъска с отдалечен участък от разпределителни линии в близост до град Пилот Кноб, провинция Мичиган, който трябваше да бъде заменен.

Проблемът: Съществуващите стълбове бяха разположени в труднодостъпна зона на изключително скалист склон, което затрудняваше изпълнението на конвенционалната инсталация, подмяна и поддръжка. Този тип ситуации не са необичайни. В много случаи монтажниците са длъжни да извършват на място полеви модификации на стълбове, да заобикалят съществуващите бариери и препятствия или да поставят стълбове по ограничени сервитути, трудни терени или блатисти места, където типичното тежко оборудване не може да получи лесен достъп.



фиг. 4.11 Монтаж на стълб без фундамент

„Обмислихме много възможности за този проект“, каза Мат Джолани, инженер по проектиране и предаване на стандарти за Ameren. "Околната среда затрудни намирането на новите стълбове. Наклонът и скалите направиха невъзможно сондирането с помощта на съществуващото ни оборудване и взривяването не можеше да става и дума."

Амерен беше изправена пред дилема. Инсталирането на стандартни дървени стълбове на съществуващото място би било твърде скъпо, отнемашо време и в крайна сметка би направило всякаква поддръжка непосилна. Когато Джолани се свърза с Duratel, инженерите на екипа започнаха работа за проектиране на решение. Резултатът беше сигурна, безопасна, персонализирана стоманена фундаментна плоча с подсилена сърцевина, която се побира в кухия дизайн на Duratel и е прикрепена към

скалната повърхност със стандартни анкерни болтове. Леките, издръжливи стълбове на Duratel бяха транспортирани до площадката и инсталирани без тежки машини.

След този първоначален монтаж Ameren започва проучванията за нуждата от други специални приложения, които позволиха на Duratel да подчертае предимствата и гъвкавостта на композитите като материал за енергетични стълбове.

Creative Pultrusions, Inc. е лидер в производството на продукти за пултрузия с подсилен с фибростъкло полимер (FRP). Като FRP производител на пултрузия, нашите високоякостни пултрудирани стъклопластови продукти са проектирани и произведени, за да осигурят трайна производителност в силно корозивна среда, като същевременно предлагат леки и високи диелектрични якости в сравнение с традиционните строителни материали.

Pultrusion е непрекъснат производствен процес, използван за направата на композитни профили с постоянни напречни сечения, при което армировките от фибростъкло под формата на ровинг и рогозки се насищат със смола и се канализират в нагрятата матрица. Профилът излиза от матрицата в твърдо състояние и под формата на желаното напречно сечение.

Композитните индустриални стълбове са проектирани да отговарят на изискванията на Американския национален институт за стандарт (ANSI) и Националния кодекс за електрическа безопасност (NESC). Стълбовете са пултрудирани с усъвършенствана UV защита в матрица, която предлага превъзходна здравина и здравина. Освен това стълбовете показват отлични свойства на устойчивост на корозия, влага и пожар.

RS Technologies е друга американска компания, базирана на клиенти и технологии, която проектира и произвежда композитни стълбове.

Руската компания Феникс88 разглежда стълбовете на американските производители и създава композитен стълб със съвсем различен начин на производство – Фибростъклените нишки се намотават на барабан със диаметър на желанния стълб или модул и се покрива с епоксидна смола във въртяща се среда. Получава се центрофугиран полимерен стълб. Разликата между американската и руската технологии е в дебелината на стеничката на стълба. При стълба на Феникс88 ефективността е по-висока, защото за стеничка с по-малка дебелина постигат същите или дори по-високи нива на механична устойчивост.

RS Technologies предлагат модулни композитни стълбове, които обаче са конструирани за американските стандарти и не са съвместими с условията в Европа. Модулите са стандартизирани в 9 типа, като стълбовете с различна дължина използват различни модули.

Композитните стълбове по линиите от ново поколение могат да отговарят на най-високите изисквания за надеждност, екологичност и естетика с висока степен на ефективност на решенията. Достатъчно е да си представим, че стълб от 20 kV може да се пренася и монтира ръчно, по линии от 110 kV и по-високо стълбовата конструкция може да се използва и като независим изолатор, да има пряко закрепване на проводниците и заземяването да бъде излишно. Немаловажна и възможността композитните изолационни стълбове да се разглеждат като резерв за аварийно възстановяване за въздушни линии от всички класове напрежение.



фиг.4.12 Полимерен модулен стълб 20 кV

Композитните стълбове (КС) са предназначени за изграждане, модернизация и аварийен ремонт на 6-24 kV и 110 – 220 kV надземни линии при различни климатични условия. -

Това са практически ВЕЧНИ антикорозионни продукти на 21 век! Изработени от високотехнологичен композитен профил, подсилен с фибростъкло, тези структури нямат аналози и надминават всички известни материали по отношение на съвкупните характеристики:

- Некорозивен материал, устойчив на агресивна среда и атмосферни условия
- Здравина като стомана
- 5 пъти по-лек от стомано-тръбните и над 10 пъти по-лек от стоманобетонните стълбове.
- Не се изисква поддръжка
- Дълготрайност – 80 г експлоатационен живот.
- Висока естетика – предлага се цветовата гама RAL.
- Окраската е в самия материал, а не само отвън, т.е. не се страхуват от драскотини
- Разнообразна по форма и дизайн, два, три и повече модула

- Охлажда се в топлина и се затопля в студ поради ниската топлопроводимост

- Абсолютно прозрачен за радиовълни
- Напълно непроводими.

Поради модулната си конструкция, монтажа може да се извършва без подемна или друга техника. Тези качества са особено важни в труднодостъпни и отдалечени райони с неразвита пътна мрежа, където преминаването на тежкотоварни превозни средства става проблематично и доставката на стоманобетонни или ж.р стълбове е невъзможна или много скъпа. Удачни са за изграждане в сеизмично активни зони поради сравнително малката си маса и достатъчна твърдост.

Предимствата от използването на стълбове, изработени от композитни материали, са високата скорост и ниските разходи за монтаж и намаляване на логистичните разходи..

В таблицата е показано количеството стълбове 24 кВ, които могат да бъдат натоварени на един камион, като следва да се отбележи необходимостта от специални ремаркета за превоз на дървените и бетонните стълбове с дължина по-голяма от 12 м.

Композитни: 60 бр.	Стоманено-тръбни: 27 бр.	Дървени 20 бр.	Бетонни – 15 бр

Фиг. 4.13 Сравнение за количеството транспортирани стълбове

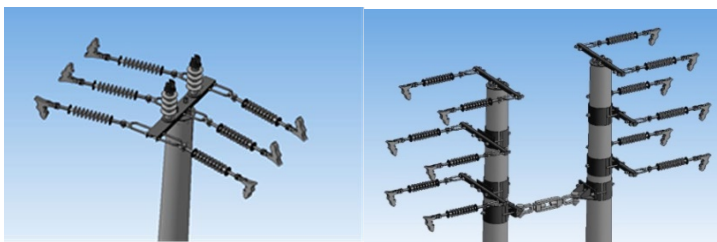
Въздушни линии от композитни стълбове могат да бъдат изградени в близост до населени места или в техните граници, на обществени места (паркове, зони за отдих), тъй като важните параметри на стълбовете са

естетически вид с възможност за оцветяване във всякакъв цвят, анти-вандална устойчивост, безопасност за населението. За намаляване на визуалното въздействие на въздушните линии в планински или равнинни места, преминаващи в близост до туристически или курортни местности се предлагат оцветени в зелени или кафяво стълбове.

Върховото усилие на композитния стълб е по-голямо, от това на ж.р. стълб, над 15 kN, което дава възможност за използването му не само за междинен, но и за опъвателен и ъглов.



Фиг. 4.14 Зелен полимерен стълб в градски условия



Фиг.4.15 Опъвателни полимерни стълбове

Условия за работа

- Минималната температура е - 60 °C.
- Максималната температура е + 50 °C.

- Видът на атмосферата е индустриален, силно замърсена
- Максимална работна надморска височина – до 2500 m.
- Работната стойност на влажността на въздуха (средна годишна / горна) е 100%.
- Интензивността на валежите е 3 mm / min.
- Интегрална плътност на потока от слънчева енергия (горна работна стойност) - 1125 W / m² [0,027 кал / (cm² * s)].
- Плътността на потока на ултравиолетовата част на спектъра (дължина на вълната 200 - 400 nm) е 140 W / m² [0,0033 cal / (cm² * s)].

UV защита

За да се увеличи устойчивостта към ултравиолетовия спектър на радиация и слънчева радиация, във фибростъклото е интегриран стабилизатор на светлината. В тази връзка частично прозрачната тръба на стелажа е защитена от отрицателното въздействие на ултравиолетовото лъчение върху цялата дебелина на слоя.

Противопожарна защита

Композитните стълбове съответстват на категорията на запалимост **V-0 / B2**. Те не горят и не поддържат горенето.

За да се осигури допълнителна защита на стълба в долната част от полеви или горски пожар, върху външната повърхност на долния носещ модул може да се направи допълнително огнезащитно покритие на височина най-малко 2 m от земята.

Дизайн на композитния стълб

Стълба е изработен от композитни материали и се състои от модули под формата на пресечени конусни тръби с различен диаметър. Разработени

са различни модули, съобразени с условията на експлоатация. Проектирани са модули специално за пазарите в Европейския съюз. Проектирани за замяна на бетонни или ж.р стълбове в труднодостъпни места или като аварийни..

Сглобяването на модулният композитен стълб може да се извърши или на организирана тренировъчна площадка, или на мястото за монтаж. Модулите са свързват по метода от конус към конус със застъпване (припокриване) от най-малко 1,5 пъти диаметъра на диаметъра на свързката. Модулите се състоят от фибростъкло и епоксидна смола.

Стълбовете проектирани за условията в ЕС са модулна тип, с форма на пресечен конус, като всеки модул е с максимална дължина 5 м. и максимално тегло 60 kg; Модулите са така конструирани, че комбинацията от тях образува стълб с височина 9,5 м, 13 м или 14,10 м. Конструкцията на композитните стълбове, в това число дебелините на стените, диаметрите при върха и основата, както и състава на влакнесто армираните полимери гарантира обявената върхова сила за съответните стълбове; Дебелината на стеничката на стълбовете с дължина 13 – 24 м е между 7 и 17 мм, в зависимост от номиналното върхово усилие, като за монтажа не е нужен бетонен фундамент. Стълбовете директно се вкопават в земята на дълбочина от 1.80 до 2.50 м, в зависимост от височината му. Разработени са и композитни стълбове фланцеви тип, които могат да се използват за замяна на повреди ж.р стълбове или монтажа им на скалисти или бетонни основи.



Фиг. 4.16 Пренасяне на полимерен стълб с АТВ

Дължината на модулите е така проектирана, че да може да се товари на обикновен бордови камион с дължина 6-7 м. Освен това малкото тегло на модулите позволява да бъдат превозвани с високо-проходими автомобили от рода на Ford Ranger /Dacia Duster или дори да се теглят от АТВ.



Фиг.4.17 Транспортиране на полимерен стълб на ръка

В трудно достъпни за автомобили места в планините модулите могат да се носят и на ръка от 2 – 3 души

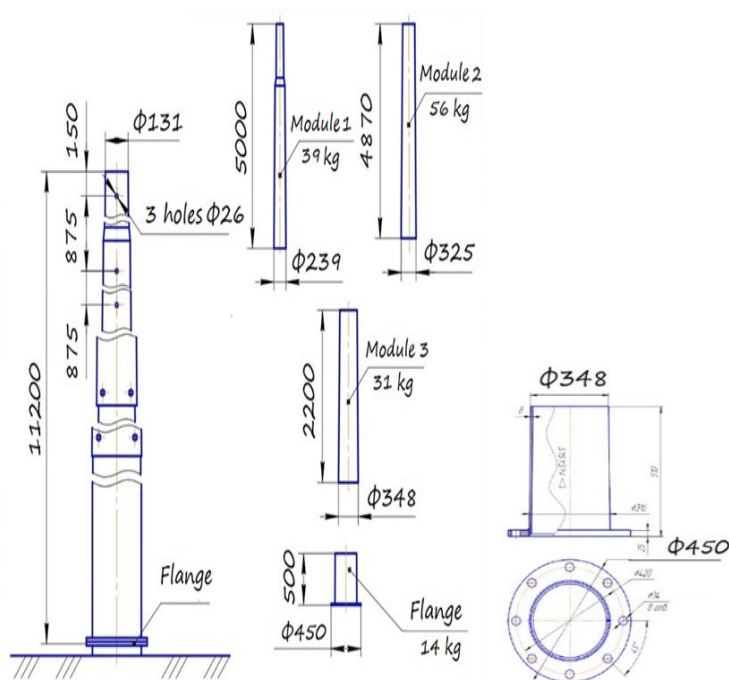
Монтажа се извършва на ръка от 2-3 монтажника, като модулите се съединяват по начина показан на фигурата: модулите се съчленяват един в друг с усилие 20 kN, с помощта на лебедка. Стълба се изправя с помощта на 5-6 монтажника без използване на кран или друга подемна техника.



Фиг.4.18 Монтаж на модулен полимерен стълб

Монтажът на основите на стълбовете се извършва като правило чрез фиксиране на долните модули в земята, в пробита яма, във всички видове пясъчни, пясъчливи, глинести и глинести почви. Възможно е да се променят фундаментите за армиране на основи под формата на обшивни тръби, греди или купчини с решетки, като се вземе предвид коефициентът на поръзност на почвата.

При монтиране на стълбовете в обшивни тръби, долните модули могат да бъдат скъсени, по-специално за стълб ПКО 220-1, долният модул може да бъде скъсен с 1,5 m, за стълб ПКО 220-2, долният модул може да бъде скъсен с 2 m. Съвместно със завода Феникс88 сме разработили композитен стълб с фланцева основа с върхово усилие 15 кН, който може да се използва като аварийен междинен, опъвателен или ъглов. За сравнение върховото усилие на ж.р. стълб е 12 кН.



Фиг.4.19 Чертеж на композитен фланцеви стълб 24 кВ

За блатисти и каменисти почви опциите за фундамент се разглеждат отделно.

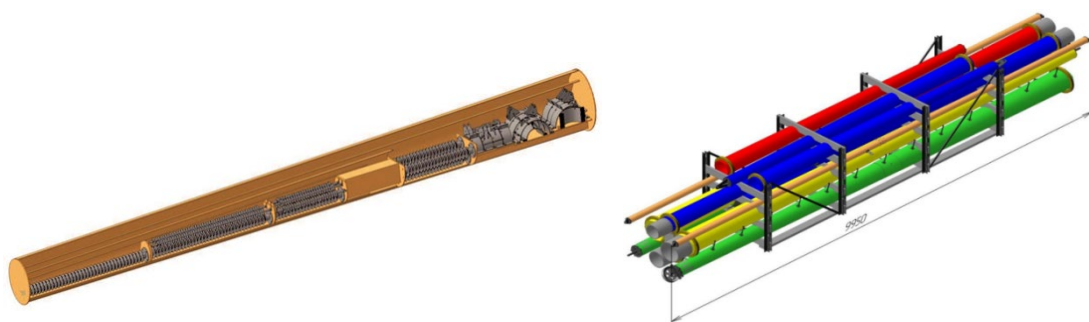
Използват се стандартните стоманени конзоли, които се закрепват както при бетонните стълбове или разработени ново поколение (вж. Глава 5).

Удобство за транспортиране и съхранение.

Модулната конструкция на елементите на стълба, а също и неголемите размери на модулите позволява те да се поставят едни в други (за стълбове 20 - 110 кВ) или да се поставят в найдългия модул заедно с пълната комплектация крепежи и изолиращи конзоли (за стълбове 110 – 220 кВ). По този начин, в камион 13 м, могат да бъдат транспортирани 5 до 7 напълно комплектовани стълбове 110 – 220 кВ, с конзоли, арматури и крепежи или до 60 стълба 20 кВ. Освен това тази компактност на модулните стълбове позволява да се минимизират складови площи.



Фиг. 4.20 Транспортна сглобка на 9 полимерни стълба за ЕРП Север и 8 полимерни стълба за ЕВН



Фиг.4.21 Транспортно (за складиране) положение на междине стълб за двулънеен електропровод 110 – 220 кВ

Според предварителните разчети, тази опция позволява да се транспортират до 20 бр. стълбове в обикновен бордови автомобил или 2-3 бр. във високо-проходим автомобил тип Ford Ranger. В допълнение, компактното транспортно положение на стълба ви позволява да се сведе до минимум пространството за съхранение в складовете дори и като аварийен резерв на енергийната система.

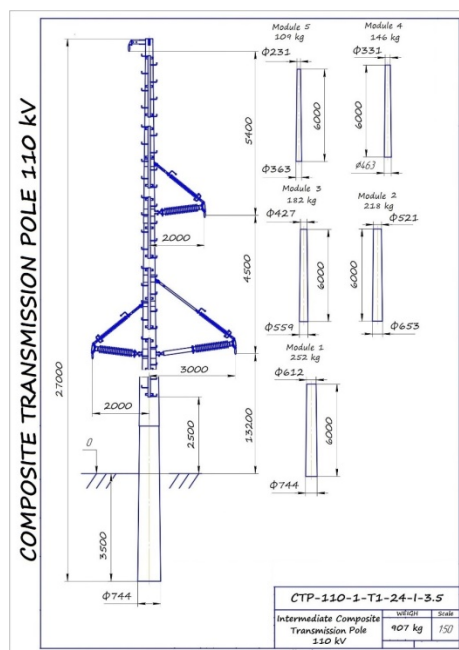


Фиг. 4.22 Транспортиране, монтаж на елемент и изправяне на композитен стълб 24 kV

Съвместната работа на Ханджиев ЕООД с Феникс88 доведе до разработката на нов модел модулен композитен стълб за напрежение 110 кВ, състоящ се от 5 модула по 6 м всеки.



Фиг. 4.23 Монтаж на композитен стълб 110 кВ



Фиг.4.24 Чертеж на модулен композитен стълб 110 кВ с изолиращи конзоли

Композитните стълбове са решението на Разпределителните и Преносните предприятия за ефективна на работа в условията на 21 век.

Идеята е да живеем в мир с околната среда – да намалим колкото е възможно отрицателното въздействие на хората и техните нужди по отношение на планетата.

Библиография

- J. Douglass, Dave; Stewart, “Introduction to compact lines,” in *EPRI Transmission Line Reference Book — 115-345kV Compact Line Design*. Electric Power Research Institute, 2008.
- CHRISTOS ZACHARIADES, „DEVELOPMENT OF AN INSULATING CROSS-ARM FOR OVERHEAD LINES“, The University of Manchester;
- High performance RS poles are the solution to an increasing number of challenges facing the grid.
- Макарова Л., «Форэнерго» - КОМПАКТНЫЕ ВЛ: КАЧЕСТВЕННО, НАДЕЖНО, ЭКОНОМИЧНО!
- Europole – Kromis: Стомано-тръбни многостенни стълбове
- ЭЛСИ: Олекотени комбинирани стълбове
- Феникс88 - Композитные опоры
- Архив на Ханджиев ЕООД