

Projekt výměny vodiče v oblasti údolí Lower Rio Grande

Ceny EEI Edison

Duben 2016



EEI EDISON AWARD ENTRY
APRIL 2016

AEP AMERICAN[®]
ELECTRIC
POWER



ÚVOD

Projekt náhrady stávajícího vodiče v údolí Lower Rio Grande Valley (LRVG) je úspěšným milníkem pro společnost American Electric Power (AEP) a průmyslového odvětví služeb. Projekt o celkové délce 240 mil těžil z několika inovativních technologií pocházejících z různých odvětví průmyslu, které dovolily společnosti AEP aby se mohla vypořádat s problematikou spolehlivé energetické sítě a zároveň připravit síť na budoucí rostoucí zatížení.

El. energie je do oblasti LRVG vedena dvěma přenosovými linkami každá o kapacitě 345 kV, vedoucí z Corpus Christi, 120 mil na sever, a tvoří převážnou část elektrické sítě pro přenos elektrické energie do oblasti LRVG. Obě tyto linky z oblasti LRVG jsou životně důležité pro přenos většiny energie do Jižního Texasu. Navíc musí čelit korozivní slané mlze díky blízkosti pobřeží Texaského zálivu a zrovna tak i možnosti výpadků díky bouřím.

V únoru 2011 musel Jižní Texas čelit rekordně nízkým zimní teplotám, které spadly až ke 20 st. Fahrenheita. Pro region, který je zvyklý na průměrné zimní teploty okolo 60 st. F, byly tyto nízké teploty ochromující. Zpanikaření obyvatelé zaplavili obchody ve snaze najít jakákoli přenosná topení. Tento náhlý nárůst potřeby el. energie společně s omezením dodávek zapříčiněných plánovanými údržbami vyústily k masivním výpadkům dodávek el. energie v celém regionu díky omezené přenosové soustavě.

PROBLÉMY

Letní maxima, které v oblasti LRGV běžně atakují trojčíferné hodnoty stupňů Fahrenheita, společně s 30% nárůstem populace mezi lety 2000 – 2010, vyústily ve zvýšení maximální poptávky po el. energii od společnosti AEP z původních 1000 MW v létě roku 2000 k rekordní spotřebě 2200 MW v roce 2010. Zatímco nárůst zatížení během této dekády se dal očekávat, tak skokový nárůst v hodnotě 514 MW v porovnání předchozího léta a zimní bouře v roce 2011 (2220 MW ku 2734 MW) byl mimo rámec veškerých předpovědí. A navíc, z důvodu pokračujícího nárůstu populace, existuje předpověď pro rok 2016 týkající se letního maximum, které má dosáhnout 2800 MW, a dokonce i maxima dosahující 3000 MW v roce 2020.

Bylo nutné nalézt okamžitý plán jak krátkodobými sezónními maximy přetíženému vedení ulehčit. Nicméně tento plán měl také nabídnout dlouhodobé řešení pro plánované zvýšení zátěže přenosové soustavy pro roky 2016, 2020 a ještě dále. Společnost AEP, společně s organizací Electric Reliability Council of Texas (ERCOT), potřebovaly řešení, které uspokojí náročnou poptávku a poskytne spolehlivost, a zároveň si poradí i s nároky na napnutý harmonogram. Organizaci ERCOT bylo prezentováno nespočetně možností zahrnující tradiční konstrukce pro navýšení kapacity těchto přenosových sítí, po škálu dočasných upgradů až ke generální opravě. Když se společnost AEP začala zabývat povoleními, právy na přístup (ROW) a různými zásahy pro zákazníky, začalo být jasné, že tyto možnosti povedou k přerušení dodávek el. energie zákazníkům či navýšení nákladů na celý projekt. Nicméně největší obavou společnosti AEP bylo, že organizace ERCOT povolí výpady pouze na jaře či v létě, pokud vůbec, a vedení bude nutné zprovoznit do plného provozu kdykoli to bude nutné.

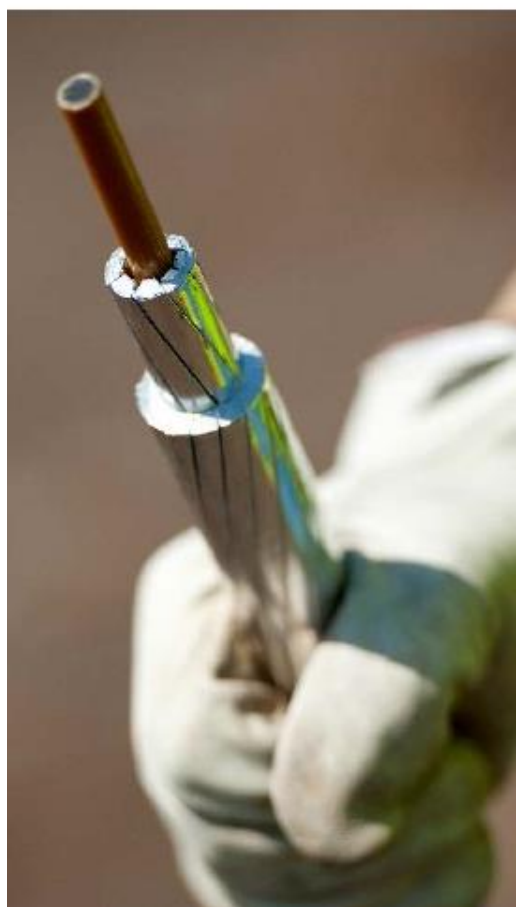


Společnosti AEP si vybrala řešení výměny pod napětím, protože to umožňovalo využít přístupů k stávajícím trasám a existující struktury, dále pouze částečné omezení vlastnických práv a redukci celkových nákladů pro své zákazníky.

INOVATIVNÍ ŘEŠENÍ

Vezmeme-li do úvahy seznam všech problémů, bylo jasné, že řešení využívající tradičních technologií by přineslo pouze další zdržení k již tak časově náročnému projektu, a proto s ním nemohlo být počítáno jako s použitelnou variantou k naplnění cíle ukončení projektu do roku 2016.

Společnost AEP oslovila firmu Quanta Energized Services, která je součástí společnosti Quanta Services, aby společně prodiskutovaly jejich konstrukční zkušenosti s el. vedením pod napětím. Zatímco společnost v minulosti realizovala pouze malé projekty pod napětím, tak tento projekt na výměnu vodiče pod napětím v takovémto rozsahu a délce (240 mil) nebyl ještě nikdy vyzkoušen. K tomu, aby byl projekt zdárně ukončen do roku 2016, se společnost AEP rozhodla, že nebude stavět žádné nové sloupy nebo vykupovat žádná přístupová práva. Bylo zapotřebí využít i lehký vodič s vysokou přenosovou kapacitou od výrobce CTC Global, s jejich revolučním vodičem ACCC (Composite Core Conductor) – vodič s kompozitním jádrem. Společnost AEP je přesvědčena, že veškeré problémy spojené s výstavbou el. vedení tradičním způsobem byly tímto eliminovány. Společně s technickými poradci Quanta Energized Services se plánovalo přeložit vodiče v celkové délce 240 mil při zachování vedení pod napětím a tím pádem v provozu. Brzy na jaře roku 2011 byl plán společnosti AEP na výměnu vodiče pod napětím na existujícím vedení 345 kV schválena regionální plánovací skupinou v organizaci ERCOT.



Nahoře: Rameno Quanta Energized Service Linemaster Robotic Arm určené k výměně vodiče společností AEP v regionu LRGV.

Dole: Aluminum Conductor Composite Core (ACCC) – hliníkový vodič s kompozitním jádrem – lehčí alternativa k tradičním konvenčním vodičům, která redukuje průvės vodiče a přináší dvojnásobné navýšení kapacity. Tento projekt byl nejdelší instalací tohoto vylepšeného vodiče v Severní Americe.

NEJMODERNĚJŠÍ TECHNOLOGIE

Skrze inovativní partnerství společností Quanta a CTC Global, byla AEP schopná využít několik technologií 21. století, které nejenom že zrychlily celý naplánovaný projekt tak, že požadovaný termín výměny vodiče a tím i spojený požadovaný termín, kdy má být opět síť v provozu, byl splněn, ale též pomohl i v oblasti životního prostředí a navýšil úroveň bezpečnosti pro všechny zainteresované strany. Dvě technologické výhody, které umožnily realizace tohoto projektu jsou:

Aluminum Conductor Composite Core (ACCC) – hliníkový vodič s kompozitním jádrem

- Využití vodiče s kompozitním jádrem (ACCC) jako náhradu za existující vodič. Vodič ACCC má díky menšímu průměru kompozitního jádra o 28% větší množství hliníku oproti klasickému vodiči stejného průměru.
- Více hliníku a vyšší dovolená provozní teplota dovolují dvojnásobnou kapacitu oproti konvenčnímu vodiči. Jádro z kompozitního materiálu redukuje průhyb vodiče. Výměna starého vodiče za nový o stejném průměru a váhy ale o větší kapacitě znamenala, že AEP mohlo tento vodič vyměnit, aniž by muselo zvětšovat výšku nebo měnit či jinak přestavovat konstrukce podpůrných věží.
- S ohledem na vyšší množství použitého hliníku, bylo dosaženo snížení ztrát o 40%, která se rovná úspoře více jak 30 mil. USD jen v prvním roce.
- Snížení emisí díky redukcí CO2 během prvního roku se rovná odstranění 34000 automobilů ze silnic.
- A také, s ohledem na místo použití, je vodič ACCC více odolný vůči korozi a má větší schopnost vyhovět požadavkům na další nárůst přenosové kapacity

Metoda práce s vodičem pod napětím & Linemaster Robotic Arm (robotická paže)

- Použitá metoda práce s vodičem pod napětím a proprietární LineMaster Robotická paže umožnila odstranění a výměnu 345 kV vodiče, který byl neustále pod napětím, v celé délce 240 mil.
- Díky rozmachu pozemních vozidel, byla automatická robotická paže LineMaster využita pro bezpečnou manipulaci a přidržení vodičů pod napětím, a díky ní je možná údržba, nahrazení nebo přestavění celé konstrukce a izolátorů.
- Robotická paže LineMaster dovolila konstrukčnímu týmu bezpečně pracovat bez nutnosti jakýchkoli přerušení projektu.
- Možnosti práce vozidla za jakéhokoli počasí dovolilo pracovat konstrukčnímu týmu i za velice nepříznivých podmínek, kdy poskytovalo úkryt před nepříznivým počasím bez nutnosti opustit místo instalace a pokračovat ihned jakmile se počasí zlepšilo.
- Kromě této robotické paže, tým, který má dohromady více jak 400 let zkušeností práce s vodiči pod napětím, a začal vůbec první takovýto projekt v roce 1990, vyvinul manuální metody práce a proprietární procedury pro výměnu s vodičů pod napětím.
- Tyto metody, nástroje a vybavení byly a stále jsou testovány a zlepšovány při instalacích, a ve věhlasné laboratoři STRI ve Švédsku.

PRÁCE NA PROJEKTU

Jakmile společnost AEP určila technologie potřebné k dokončení tohoto projektu a po obdržení povolení od organizace ERCOT pokračovat, postupovalo se s přípravami a procházely se různé možnosti a oblasti vážící se k tak velkému projektu. Klíčovými prvky bylo připravit projekt bezpečně, aniž by docházelo z výpadkům proudu, jak zákazníci AEP každodenně očekávali. S ohledem na zranitelnost systému, byly identifikovány a prioritizovány klíčové oblasti, které vyžadovaly upgrade. Náročnost tohoto úkolu byla násobena skutečností, že jednotlivé segmenty s vodiči, který měly být vyměněny, nebyly připojeny na rozvodny, která bylo potřeba vyměnit jako první. AEP velice důkladně probralo tyto proměnné, aby se ujistilo, že nedojde k žádným prodlevám, zastavení práce či výpadkům proudu.

Rok před tím, než vyrazil první montér do koridoru s vedením, AEP a techničtí poradci firmy Quanta Energized Services začali pracovat na detailních, projektově-specifických postupech práce včetně kalkulace spotřeby práce, návazností, termínů a předpokládaných zdrojů.

Projekt vyžadoval důkladné naplánování, aby veškeré linky byly upgradovány do požadovaného času. Projekt byl rozdělen do pěti segmentů mezi rozvodnami. Díky tomu bylo dosaženo několika strategických a zároveň finančních benefitů:

- Redukce rizika vztahující se na celou přenosovou soustavu v LRGV,
- Prioritizace sekcí přenosové soustavy mezi jednotlivými rozvodnami, což umožnilo dokončením oblastem okamžitě využít výhod z upgradu systému
- Vytvoření pěti menších projektů, které zvýšily efektivitu plánování materiálu, vybavení pracovníků, stejně tak jako minimalizace nákladů na projekt.

Výměna vodiče takovéto velikosti pod napětím vyžadovala důkladné plánování. Musely být vytvořeny pracovní postupy pro každý úkol. Skupina technických poradců vzájemně

spolupracovala, aby tyto postupy vytvořila. Jak projekt postupoval, získávaly se zkušenosti a tyto postupy byly postupně revidovány a zlepšovány.

Manuální postupy práce byly užitečné při práci na vodičích pod napětím. Při těchto operacích montéři používali vodivé obleky a byli připojeni k vodiči tak, aby měli stejný náboj jako vodič pod napětím, což umožňovalo se jich fyzicky dotknout, a tak pracovat s živým vodičem a vybavením. K podpoře vodičů během odepínání nebo zavěšování byla použita robotická ruka LineMaster Single Point Lifter. Tento nástroj se ukázal jako bezpečný a kontrolovatelný support pro vodiče pod napětím.

Bylo nutné zajistit dočasnou oporu pro fázový vodič, aby mohl být posléze vyměněn pod napětím. Toto bylo umožněno postavením dočasných opěrných sloupů podél koridoru se stávajícím vedením. Díky tomu, že tyto pomocné podpěry byly instalovány v rámci již existujícího koridoru, nebylo nutné žádat o případná zdlouhavá povolení nebo zabírat další půdu.



Toto je dočasná instalace D-fáze, která byla instalována uvnitř rohu se třemi sloupy, což umožnilo transfer venkovní fáze. Toto uspořádání vytvoří prostor na stávajících sloupech pro navěšení a natažení nového vodiče. Když je nový vodič na místě, energie je převedena a tím se uvolní další fáze a může se napnout další vodič.

Nový vodič je následně instalován do své pevné pozice, připevněn a prověšen. Elektrické napětí z další fáze je přeměrováno do tohoto nového vodiče a původní starý vodič je odpojen a následně je vyměněn. Toto se opakuje, dokud nebudou veškeré vodiče vyměněny, bez nutnosti přerušení dodávek elektrické energie. Takto se děje sekci za sekci, přibližně v průměru od 20 do 30 mil. Tento plán umožnil využití stávající struktury sloupů, a proto minimalizoval dopad na vlastníky pozemků a tím i nutnost získávat časově náročná povolení na získání pozemků a stavebních povolení.

Další realizované úspory během rekonstrukce byly uskutečněny díky možnosti provádět upgrade a údržbu, která nebyla samotnou součástí projektu, jako například výměna poničených „V-string“ izolátorů a upgrade existujícího stíněného vodiče s OPQW vláknem. Tyto práce většinou vyžadují měsíce plánování na přípravu výpadků el. energie, které mohou být kdykoli zrušeny. Toto je jedním z faktorů proč organizace ERCOT mohla zrušit veškerá plánovaná přerušení dodávek el. energie, protože veškeré konstrukční a opravárenské práce byly prováděny pod napětím. Nejmodernější a proprietární technologie použité při rekonstrukci pod napětím vedly k rychlejšímu ukončení projektu před plánovaným termínem a to i navzdory rekordní nepřízní počasím.

Mezi všemi těmi jedinečnými aspekty speciálních pracovních postupů byla i schopnost adaptovat se na pracovní odlišnosti. Nezbytnou adaptací, která se záhy objevila, byla spojená se splétaným vodičem, který byl usazen ve vertikální konfiguraci místo tradiční horizontální. Nejefektivnějším způsobem jak tento problém zvládnout bylo, aby pracovní tým upravil jak nástroje, tak i postupy a tím se přizpůsobil vertikální konfiguraci. Tento první test se ukázal jako vizitka celého projektu pro postupné vylepšování všech postupů a tím učinil celý projekt bezpečnější a efektivnější.

Kromě mnohých faktorů, které hrály svoji důležitou roli v úspěšném dokončení projektu, jako například nejmodernější nářadí a důkladné zaškolení, ale nic z toho nebylo tak důležité jako

detailní pracovní postupy. Tyto pracovní postupy, které byly vyvinuty technickými poradci, byly připraveny speciálně pro každou část projektu. A navíc, co bylo unikátní na celé přípravě bylo to, že vše probíhalo za neustálého vývoje. Metody využívané přímo na místě instalace, ať už úspěšně nebo ne, byly dále upravovány. Tím, jak se pracovní postupy vylepšovaly a pracovní čtyři dosáhly větší zkušenosti při provádění těchto postupů a pracovních metod, dosáhlo se postupného zlepšování produktivity, což dovolilo dokončit projekt o osm měsíců dříve a tím ušetřit milióny dolarů.



PRACOVNÍ OBLEK

Pracovní oblek, který používali dělníci, se skládal z bundy s kapucí, bib-style kalhot, ponožek a rukavic. Oblek byl vyroben z látky o složení 75% Nomex a 25% vláken z nerezové oceli. Nomex sloužil jako ohnivzdorná vrstva. Ocelová vlákna zapletená do látky sloužily jako Faradayova klec, stínící montéry před elektrickým polem.

Elektrický náboj obtékal okolo obleku (nabitá klec) a ne skrze tělo montéra (vnitřek klece). Díky tomuto obleku spojeným s vodičem mohli montéři pracovat uvnitř elektrického pole.



ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ S ROZVONAMI

Jak probíhala montáž na dvou zmiňovaných linkách o 345 kV, projektanti obrátili svoji pozornost k rozvodnám. S novými upravovanými vodiči, které téměř zdvojnásobily přenosovou kapacitu těchto dvou 345 kV linek, musela společnost AEP přistoupit též k upgradu rozveden, protože nebyly vybudovány pro takovou vysokou kapacitu. Pracovníci AEP se zaměřili na průběžný proud stejně tak na zkratový proud. To znamenalo přidání dalších podpěr pro sběrnice v vše co vede proud muselo být upgradováno nebo vyměněno. Na rozdíl od přenosové linky, byla nutná povolení od společnosti ERCOT na přerušení dodávky el. energie, na dobu práce na těchto rozvodnách. Navíc zde byly další faktory, které dělaly celou věc ještě složitější, a to problém, kdy každý výpadek dodávky el. energie byl vlastně uskutečněn na již běžícím vedení, a AEP musela soutěžit s ostatními dodavateli a generátory, které pokrývaly tyto výpadky.

Běžná doba na úpravu rozvodny je šest až osm měsíců, nicméně, s každodenním novým instalovaným vodičem a nemožnosti vypnout dodávky el. energie určené společností ERCOT, AEP dostalo jen omezený časový rámec na úpravu každé rozvodny. A navíc, pro již tak omezený čas na modernizaci rozveden a zranitelnosti systému, bylo zřejmé, že společnost ERCOT musela stanovit nutný čas na provedení upgradu, a určit společnosti AEP jak mohou provádět potřebné práce na jednotlivých rozvodnách během povolené odstávky. To znamenalo, že místo kompletní demolice celé rozvodny, AEP muselo přistoupit na systém, kdy musela naplánovat práce na jednotlivých rozvodnách individuálně, aby mohla být obnovena dodávka, pokud to bude potřeba. S ohledem na obnovení dodávek tak, jak bylo dáno společností ERCOT, musely být rozvodny přestavovány a upgradovány vždy po jedné. Příkladem tohoto jedinečného požadavku je výstavba velínů. Jak byly vyměněny jističe a vodiče v rámci rozvodny, řídicí kabeláž nebyla přeložena do nového velínu dokud původní nebyl prázdný a mohl se zbourat. AEP, zatímco se prováděly montáže na přenosové soustavě pod napětím v okolí, mohla bezpečně upgradovat každou z těchto pěti rozveden v přiděleném časovém rámci, bez nutnosti odpojit přenosovou síť a tím pádem i elektrickou energii svým zákazníkům v LRVG.

ANALÝZA ÚSPOR NÁKLADŮ

Tím, že nebylo možné získat povolení k odstávkám dodávek el. energie, a zdlouhavé procesy se získáním práv vlastníků pozemků, dotlačily společnost AEP k volně výměny vodičů bez odstávek. Dalším nákladem, který je často přehlížen v rámci celkového rozpočtu na rekonstrukci, je nutnost dodávat el. energii za vedení, které je mimo provoz. V oblastech, kde není dostatek zdrojů k pokrytí výpadků, musejí být použity méně efektivní zdroje. Toto znamená další výdaje pro provozovatele a jejich zákazníky. V případě práce na síti pod napětím, není těchto alternativních zdrojů zapotřebí. S ohledem na místní náklady na výrobu, byly kombinované úspory za roky 2014 a 2015 přibližně 43 3777 129,- USD.

Pokud by byl projekt realizován tradičním způsobem, tzn. bez napětí, místo pod napětím, byly by zde náklady asociované s nutností použít méně efektivních zdrojů na výrobu el. energie pro oblast LRGW během odstávek. Tato výroba by se opírala o tyto tři zdroje: spalovací turbínu v Laredu, spalovací turbínu v Silas Ray a spalovací cyklus v Silas Ray.

Celkové úspory nákladů za nevyužití outsorsovovaných výrobních kapacit pro méně efektivní zdroje v případě výpadků dodávek el. energie		
	2014	2015
Laredo CT (uvažovaných 50% kapacity)	14 055 989 USD	9 336 145 USD
Silas CC (uvažovaných 60% kapacity)	7 110 737 USD	5 778 657 USD
Silas CT (uvažovaných 50% kapacity)	4 243 643 USD	2 852 957 USD
Celkové úspory	25 409 370 USD	17 967 759 USD
Kombinovaná úspora 2014 a 2015		43 377 129 USD

AEP simulační laboratoř

Myšlenka výměny vodičů v segmentech po 20 – 25 mil. úsecích, vždy jednu fázi najednou, byla odlišná od konvenční metody výměny všech třech fází najednou, ale nutná pro výměnu vodičů pod napětím, za pomoci a využití robotizovaného ramene Linemaster Robotic Arm TM.

Tato nekonvenční metoda výměny vodiče přinesla otázky, na které se musely najít odpovědi. Například, kdy vyměníte nastavení relé pro měněné vedení? Nebo, prorazil by nárazový proud vedení, pokud by jističe pro jednotlivé fáze byly využity pro přesměrování zátěže na fázi v úseku 20-25 mil?

Pro nalezení odpovědí na tyto otázky, byly provedeny simulace a studie v simulační laboratoři společnosti AEP Transmission's Gahanna, Ohio. Tyto unikátní simulace vedly k výměně nastavení relé před samotnou výměnou vodiče. Stejně tak jako zjištění, že nastavení relé neprorazí vedení během použití jističe pro jednu fázi.

Laboratoř společnosti AEP minimalizovala rizika projektu, zatím co omezila prodlevy a náklady na testování přímo v terénu.

Na obrázku je Yiyang "Spark" Xue, hlavní inženýr testování RTDS v simulační laboratoři v Gahanně, Ohio.



ZÁVĚR

Budoucnost výstavby rozvodných sítí

Tento projekt nejenže posílil rozvodnou síť v oblasti Lower Rio Grande Valley, ale ukázal také, že se spoluprací a důkladným plánováním mohou být tyto dlouhé úseky efektivně a bezpečně rekonstruovány pod napětím. V rámci odvětví, které je značně citlivé na výpadky dodávek el. energie s vysokým zatížením rozvodní sítě a časovým prostorem, který je hodně krátký, tento projekt ukázal, že zde existuje schůdné řešení.

Společnost AEP, díky dokončení projektu „Energized Reconductor Project“ upgradu přenosové soustavy v délce 240 mil v Jižním Texasu, zajistila značné části komunity v LRGV spolehlivou dodávku energie na dnešek, zítřek a i do budoucna. Světla budou svítit, domovy budou ochlazovány i vytápěny, školy budou učit a nemocnice i nadále zachraňovat pacienty. AEP ukázalo, že za pomoci inovativní technologie a z poučení se z projektu, je připraveno řešit všechny budoucí potřeby v LRGV.

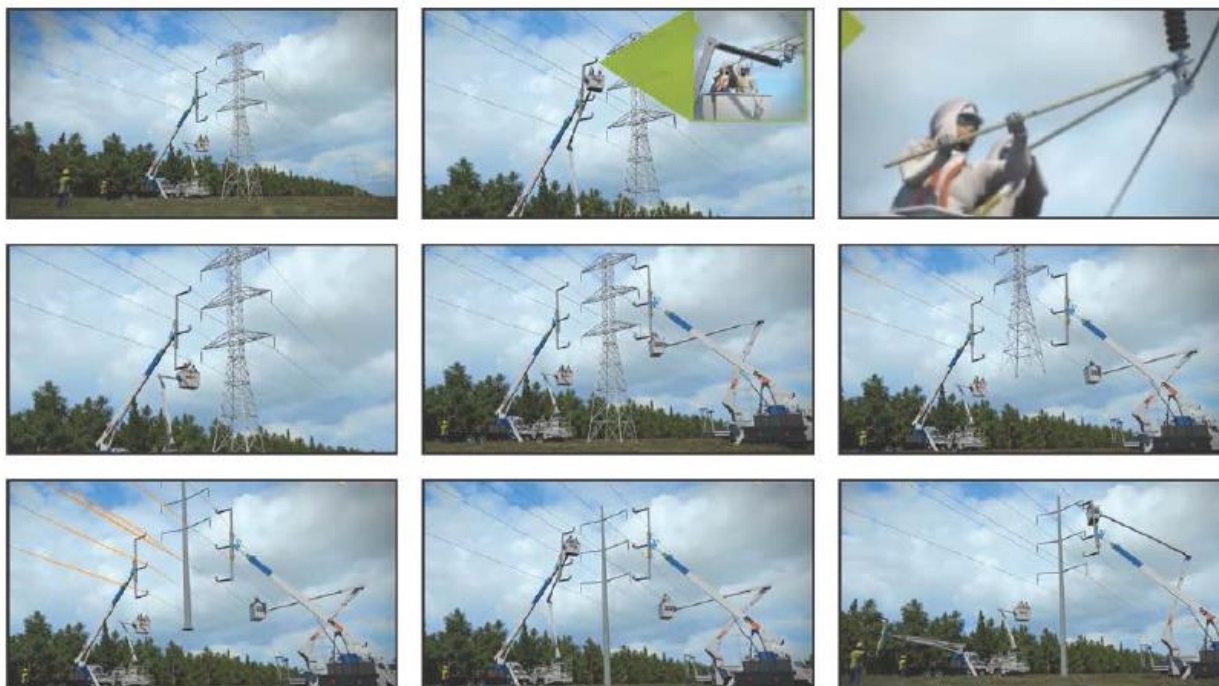
V průběhu celého projektu společnost AEP uvítala téměř 20 servisních společností, včetně několika mezinárodních servisních společností, kdy organizovala výjezdy přímo na místo instalace včetně detailních analýz v učebně. U každé návštěvy byl přímo na místě instalace přítomen senior manažer AEP aby mohl s přítomnými diskutovat a odpovídat na otázky stran specifik projektu. Díky tomu, AEP zajistila, že ze základů položených v rámci projektu výměny vodiče pod napětím v nejdelším úseku, budou v budoucnu těžit servisní společnosti po celém světě.



AEP dokončila nejdelší projekt s výměnou vodičů bez přerušení napětí osm měsíců před plánovaným koncem a významně pod plánovanými náklady. Upgrade pomocí nového vodiče ACCC umožní výrobu čisté energie pro zásobování oblasti Lower Rio Grande Valley pro několik následujících dekád.



LINEMASTER ROBOTIC ARM™.

Robotická paže Linemaster™ Robotic Arm a zařízení Single Point Lifter společnosti Quanta Energized Services, pomohla vytvořit bezpečné a efektivní pracovní prostředí pro práci při výstavbě rozvodné sítě, její údržbě a upgradu. Robotické paže LinearMaster Robotic Arms poskytují dočasnou bezpečnou oporu stávajícím vodičům, zatím co jimi protéká el. proud.



PROCES

- Robotická paže LineMaster Robotic Arm™ pracuje díky hydraulickému pohonu a je připevněna ke konvenčnímu jeřábu nebo plošinovému nákladnímu automobilu.
- Když se zvedne do pracovní pozice, uchytí vodiče, a může s nimi hýbat a tak poskytnou potřebný prostor pro montáž.
- Vodiče jsou bezpečně upevněny v širokých držácích izolátorů určených do každého počasí.
- Stará nebo poškozená struktura je odstraněna a vyměněna za novou.
- Elektřina dále proudí a rameno LineMaster Robotic Arm™ je posunuto zpátky, a tak je možno vodič připevnit k nové struktuře.

	<ul style="list-style-type: none"> • Napětí do 765 kV • Nosnost až 10 000 lbs. • Posuny ve směru horizontálním i vertikálním. 		<ul style="list-style-type: none"> • Napětí do 345 kV • Nosnost až 2250 lbs na jednu fázi • Posuny ve směru horizontálním i vertikálním.
Jednoduché rameno	Tří-fázové		