



Na ceste k víťazstvu

Technológia priameho riadenia momentu (DTC) od ABB pomáha pri riadení pohybu najväčšej strechy a zobrazovacej jednotky na svete.

Ako sa hovorí, v Texase je všetko väčšie. Nový domovský štadión Dallas Cowboys tímu National Football League (NFL) nie je výnimkou. S nákladmi takmer 1,3 mld. USD pokrýva táto stavba 912 000 m² a poskytuje sedenie pre 100-tisíc fanúšikov. Štadión drží niekoľko významných svetových rekordov – napr. najväčší krytý NFL štadión, najdlhšia jednoliatka strešná konštrukcia a najväčšia zobrazovacia jednotka s vysokým rozlíšením. Aj keď je futbal to, čo robí tento štadión známym, nemenej úspešným je aj celý inžiniering, ktorý túto stavbu oživil. Pohony ABB hrajú hlavnú úlohu od mechanizácie odsúvateľnej strechy až po zdvíhací systém 600-tonovej zobrazovacej jednotky.

Voľba pohonov pre športovú arénu bola jednoznačná – využitie špičkových priemyselných technológií, ako je priame riadenie momentu (DTC) a jednoducho konfigurované prepojenie riadiacej jednotky a hnaného prvku, zabudované do pohonu. Štadión vybavený technológiami od ABB a mnohým iným technológiám zdvihol pomyselnú latku „pohyblivých stavieb“, ktoré využívajú milióny ľudí.

Pohyblivé stavby

Vďaka bohatej histórii, ktorá sa začala písať pred päťdesiatimi rokmi, si Dallas Cowboys získali celosvetové uznanie korunované piatimi víťazstvami v Super Bowle, ôsmimi titulmi NFC (National Football Conference) a devätnástimi titulmi v divízii. Ich domovský štadión bol počas celého tohto obdobia rovnako úchvatný ako ich úspechy. Pôvodný štadión kovbojov Texas Stadium bol veľmi známy svojím otvorením na streche – na svoju dobu kurióznym prvkom. Tento prvok sa z praktického dôvodu preniesol aj do novej konštrukcie štadióna: závažná strecha a veľkokoplošné pohyblivé sklenné dvere na východoch štadióna umožňujú vstup slnečného svetla a tok prirodzenej ventilácie cez celý štadión. Tento typ otvorenej architektúry dáva fanúšikom

pocit, že sú vonku. Ak by bolo vonku veľmi horúco, čo v Texase býva cez leto veľmi často, v priebehu niekoľkých minút sa zatvorí strecha a dvere. Práve vďaka tejto flexibilitě je nový štadión skutočným multifunkčným centrom. Po futbalovej sezóne, ktorá trvá šesť mesiacov, je štadión vyťažený mnohým iným množstvom ďalších mimosezónnych podujatí, ktoré zabezpečujú príjmy.

Odsúvateľná strecha

Odsúvateľná strecha je zložená z dvoch pohyblivých panelov – každá z nich váži 750 ton. Na podporu tejto enormnej závažnosti boli skonštruované dva nosníky, ktoré zväčšili dĺžku celej stavby štadióna na 350 m. Na vrchu každej nosníka je oceľová koľajnica podobná tej, na ktorej jazdia vlaky. Panely sa voľne posúvajú po koľajnici, ale sú zakotvené ozubenou koľajnicou alebo systémom s ozubnicou a pastorkom. To sú dôležité prvky, ktoré umožňujú skupine 128 motorov s výkonom 5,6 kW s planétovou prevodovkou posúvať panely strechy hore. Sklon strechy sa mení a panely majú pri plne otvorenej streche sklon 24°. Pri návrhu bol zvolený väčší počet prevodkových motorov, aby bolo ošetrené aj bezpečnostné riziko vyplývajúce zo strmosti strechy. Viacnásobné motorové brzdy a ozubené súkolesia s ozubenými tyčami zabraňujú zlyhaniu niektorého komponentu a tomu, aby sa strešné panely doslova nezošmykli zo strechy a nespadli na parkoviská. Toto redundantné vyhotovenie umožňuje ovládať závažnú strechu len s piatimi z 32 motorov v každom segmente (obr. 1).

Optimálny krútiaci moment pri nulovej rýchlosti

Prudký náklon strešných panelov vytvára ešte jeden vážny problém. Keď sú panely celkom otvorené a vyšle sa signál na zatvorenie, motory



Obr. 1: 128 motorov, ka' d'ý s výkonom 5,6 kW, poháda za' ahovate'áne strešné panely (foto: Uni-System).

musia štartova' pri enormnej zá' a' i. Tento vysoký štartovací moment si be' ne vy' aduje vysokovýkonné riadenie motora, ktoré mo' no realizova' pomocou pohonu s vektorovým riadením v uzavretej slučke. Avšak tento prístup nie je v tomto prípade vhodný pre svoje vysoké náklady a zlo' itos' spojenú s ve'¼kým počtom snímačov otáok (enkodérov) motorov. Technici zo spoločnosti Uni-Systems, ktorá túto zákazku realizovala, vy' ili výhodnú technológiu priameho riadenia momentu (DTC) od ABB, ktorá umo' duje dosiahnu' takmer rovnakú výkonnú úroveň bez potreby pou' itia enkodérov. DTC algoritmus vy' ívajúci 100 MHz procesory na digitálne spracovanie signálu vypoítavajú hodnotu prúdu motora 40 000-krát za sekundu a urujú najlepšiu spínaciu šablónu IGBT tranzistorov na generovanie po' adovaného momentu. Táto vlastnos' je jedineená pre ABB a je jedným z dôvodov, prečo boli pohony ABB zvolené spomedzi všetkých konkurených výrobcov.

Pohony ACS800 patria do skupiny rekuperaéných pohonov (obr. 2). Táto vlastnos' umo' duje pohonu brzdi' motor bez pou' itia brzdného odporu. Kei sa panely pohýnjajú takmer z rovnej polohy a úplne zatvorenej polohy do úplne otvorenej polohy s náklonom, prechádzajú bodom, pri ktorom sa èinnos' motorov mení z motorického chodu na brzdenie. Je to práve počas tejto fázy brzdenia, kei sú pohony potrebné na spojenie chodu motorov a udr' anie rýchlosti otvárania strechy pod kontrolou. Dokonalos' techniky brzdenia sa dosahuje premenou kinetickej energie pohybu na elektrickú energiu vnútri pohonu – tento proces sa nazýva dynamické brzdenie. Be' ne pohon premení takúto energiu na teplo, vy' ije pritom brzdný odpor takmer rovnakým spôsobom, ako brzdi auto pri jazde z kopca, pričom dochádza k zahriatiu bázd. Toto teplo alebo tepelná energia vyjde v zásade navnivoè. Rekuperaéný pohon je alternatívnym riešením, ktoré naopak pošle túto energiu spä' do siete. Aj kei je mno' stvo vrátenej energie malé, len nieò okolo 14 USD za jeden cyklus otvorenia strechy, prínosy plynúce z nepotrebnosti inštalácie brzdných odporov sú významné a vyrovnávajú vyššie náklady spojené s rekuperaénymi pohonmi.



Obr.2: Rekuperaéné pohony ACS800-U11 (foto: Uni-Systems)

Spolupráca

Dosiahnu' koordináciu pohybu 128 prevodkových motorov tak, aby bola istota, ' e všetky spolupracujú, nie je jednoduchá zá' itos' . No pri pohone ACS800 je to viaka zabudovanej funkcionalite „zdielania zá' a' e (load-sharing)“ jednoduché. Na ovládanie 128 prevodkových motorov sa pou' íva celkovo 32 pohonov rozdelených do štyroch skupín po osem pohonov (štyri motory na jeden pohon). Ka' dá skupina ôsmich pohonov má jeden „vedúci“ – master – s riadením rýchlosti a sedem „podriadených“ – follower – s riadením momentu. Táto tzv. sie' vodca/nasledovník umo' duje jednotlivým motorom spolupracova' ako jeden tím. Pohon master be' í na rýchlosti zadanej z PLC cez zbernicu Profibus a pou' itím DTC algoritmu vypoítava aktuálny krútiaci moment potrebný na udr' anie tejto rýchlosti – a potom túto hodnotu prenáša cez optickú linku do pohonov follower ako po' adovanú hodnotu momentu. Pohony follower pracujú s takou rýchlos' ou, aká je potrebná na dosiahnutie tejto hodnoty momentu. Tento spôsob usporiadania zaručuje, ' e sa zá' a' rovnomerne rozdelí na všetky motory. Pri aktualizácii komunikácie medzi master/follower v intervale 2 ms reaguje systém pri zmene zá' a' e ve'¼mi rýchlo, èim sa zaruèi, ' e strešné panely zostanú dostatoène íaleko od parkovísk.

Zbernica Profibus, ktorá prepája ka' d'ý pohon do PLC, umo' duje riadenie aj monitorovanie a mô' e by' zároveň vyu' itá na realizáciu jednej z mnohých bezpečnostných funkcií dôle' itých pre zasúvate'ány strešný systém. Jedna z týchto funkcií sa nazýva „potvrdzovanie momentu“, ktorá preveruje, èi je ka' d'ý motor online a èi generuje moment pred tým, ako sa aktivuje brzda. Napr. kedyko'¼vek sa strešný panel pohne, PLC bude posielá' všetkým pohonom master spúš' áci príkaz so ' iadanou hodnotou pre ve'¼mi malú rýchlos' . Preto' e brzdy neboli aktivované, budú pohony generova' moment. Ka' d'ý pohon odošle svoju aktuálnu hodnotu momentu spä' do PLC, kde sa porovná s minimálnou hodnotou. Len èo PLC zistí, ' e všetky pohony generujú minimálne takúto ve'¼kos' momentu, pošle sa príkaz na aktiváciu bázd. Od tej chvíle prevezmú pohony kontrolu nad pohybom panelov a zaènú zých'ova' . Funkcia potvrdzovania momentu je zásadne dôle' itá z h'¼a-diska celkovej bezpečnosti.

Zdvíhanie obrazovky za 40 mil. USD

Pravdepodobne najvýznamnejším zariadením na štadióne je video obrazovka, ktorá je najväšia svojho druhu na svete (obr. 3). Dva ve'¼koplóšné displeje od Mitsubishi Electric Diamond Vision™, ka' d'ý s rozmermi 22 m x 49 m, sú od seba vzdialené 18,28 m. Obidva displeje majú vysoké rozlíšenie dosahujúce 1920 x 1080 pri formáte 16 : 9. Na ich koncoch sú íalšie dva podobné displeje 8 m vysoké a 15 m široké. Obraz tvorený 30 miliónmi LED je porovnate'ány len s cenou tohto zobrazovacieho ve'¼diela – 40 mil. USD. To je viac ako celková cena za prvý štadión kovbojov.



Obr.3: 600-tonová video obrazovka s vysokým rozlíšením



Aj keď bola v prvom návrhu video obrazovka zavesená na streche v pevnej výške 27 m, čoskoro sa ukázalo, že bude potrebné manipulovať s obrazovkou smerom hore aj dole. Už pri koncerte svetoznámej rockovej kapely U2 bola z ich strany požiadavka zdvihnúť obrazovku o ďalšie 3 m, aby si mohli postaviť svoje pódium tak, ako boli zvyknutí. Manažment klubu sa teda znovu obrátil na spoločnosť Uni-Systems, aby navrhli a nainštalovali zdvíhací systém pre video obrazovku. Využitím bubnového lanového navijaka, ktorý si vypracovali z pôvodnej stavby štadióna, boli schopní zrealizovať túto úlohu s minimálnymi nákladmi a vo veľmi krátkom čase. Plán realizácie zahŕňal rozloženie záťaž a pri zdvíhaní 600-tonovej obrazovky na 16 zdvíhacích navijakoch a nasadením štyroch motorov na jeden navijak, ktoré zabezpečovali redundanciu a zároveň rovnomerné rozloženie záťaž a. Každý koniec video obrazovky je podporovaný skupinou ôsmich zdvíhacích bubnových navijakov, čo umožňuje nezávislé zdvíhanie každej strany (ak by bolo potrebné obrazovku vyrovnať do vodováhy). Motory dokážu u polohovať video obrazovku od výšky 3 m až do výšky 35 m nad hracou plochou. Jeden navijak poháňajú štyri motory s výkonom 3,7 kW, ktoré sú riadené dvomi rekuperačnými pohonmi ACS800. Podobne ako pri pohone strešných panelov, aj v tomto prípade je záťaž rozložená na niekoľko motorov, pričom samotná konfigurácia zapojenia je tvorená jedným master a siedmimi follower. Tie sa v rámci koncepcie celkového bezpečnostného systému implementovala v rámci jednej úrovne aj bezpečnostná funkcia potvrdzovania momentu.

Okrem uvedených technických zariadení bolo nainštalovaných ďalších osem bubnových lanových navijakov, ale nie na zdvíhanie. Tieto tzv. podporné navijaky využívajú káble zakotvené na štyroch rohoch video obrazovky (obr. 4). Tak môžu predísť všetkým nežiaducim kolísavým pohybom, ktoré by sa mohli vyskytnúť pri vzniku vzdušných prúdov pri súčasnom otvorení strešných panelov a presklených dverí na východoch zo štadióna. Riadenie pohybu navijakov je zabezpečené prostredníctvom riadenia momentu motorov, čím je zabezpečené aj stabilné napnutie podporných káblov vždy, keď je v prevádzke hlavný zdvíhací systém.

V rámci pohonu sa využíva aj funkcia speed-windowing stanovujúca ohraničenie rýchlosti, ktorú môže pohon generovať, a to pri dodržaní požadovanej hodnoty momentu. Toto dôležité nastavenie zamedzuje pohonu spúšťať a navíjať káble príliš rýchlo a stanovuje mieru tlmenia ochraňujúcu pred akýmkoľvek prudkým pohybom video obrazovky. Ochladenie, ktoré bolo s touto procedúrou spojené, bolo úspešne zrealizované v softvérovej aplikácii ABB DriveWindow určennej na monitorovanie pohybu viacerých navijakov súčasne. Monitorovanie v reálnom čase bolo pri nasadení takého množstva motorov a pohonov, ktoré musia pracovať synchronne, nevyhnutnosťou.



Obr.4: Pohony bubnových lanových navijakov na zdvíhanie video obrazovky (foto: Uni-Systems)

Pohyblivé presklené dvere

Na každom konci štadióna, hneď za bránkoviskami, sa nachádzajú pohyblivé presklené zásteny, ktoré sa viac podobajú na steny ako na dvere (obr. 5). Každá táto stena sa skladá zo siedmich sklenených panelov, z ktorých každý je 12 m široký a 37 m vysoký. Dva vonkajšie panely sú pevne namontované a zvyšných päť je pohyblivých. Táto panelová časť tvoriaca stred a poháňaná pohonmi ABB ACS350 dokáže vytvoriť 55 m široký priechod v priebehu 6 min.



Obr.5: Pohyblivé presklené dvere na východoch zo štadióna (foto: Brad Cobo)

Záver

Spoločnosť ABB je hrdá na to, že mohla byť súčasťou realizácie pohyblivej stavby – nového štadióna texaských kovbojov. Od jednoduchých dopravníkových pásov až po najväčšiu zasúvaciu strechu na svete – pohony ABB sú schopné realizovať vysokovýkonné riadenie motorov pri veľmi jednoduchom a ľahkom použití. Viackrát najmodernejším priemyselným technológiám, ako je priame riadenie momentu (DTC), a pomocou kompetentných odborníkov, akými boli pracovníci spoločnosti Uni-Systems, sa projekt nového Cowboys Stadium stal príkladom toho, ako dokážu tieto technológie a know-how ruka v ruke pri riešení veľmi náročných úloh. Aj keď produkty spoločnosti ABB nie sú na prvý pohľad na štadióne viditeľné, sú to práve ony, čo zabezpečujú návštevníkom príjemné zážitky a majiteľom tejto nehnuteľnosti každoročnú pohodu.

Brad Cobo
 ABB Discrete Automation and Motion
 Dallas, TX, United States
 e-mail: brad.a.cobo@us.abb.com

Ken Graber
 ABB Discrete Automation and Motion
 New Berlin, WI, United States
 e-mail: ken.j.graber@us.abb.com