

Ein Dach auf Rädern

Das neue Stadion von Nan Tong in der Provinz Jiangsu ist Chinas erstes Stadion mit einem Dach, das geöffnet und geschlossen werden kann. Das Besondere dabei ist, dass erstmals in der Geschichte Antrieb und Stabilisierung der beweglichen Dachelemente hydraulisch erfolgen. Enerpac übernahm die Entwicklung und die Installation des fortschrittlichen Antriebs- und Steuerungssystems, bei dem Laufkatzen eine wichtige Rolle spielen.

Unter dem Stadionsdach befinden sich ein Fußballfeld, eine 400 m lange Leichtathletikbahn und diverse weitere Einrichtungen. Insgesamt nimmt das Stadion eine Fläche von 48.000 m² ein. Es ist Teil eines größeren Komplexes, der unter anderem auch ein Ausstellungenzentrum beherbergt und eine Gesamtfläche von 150.000 m² bedeckt. Für den Bau war eine Investition von 1,1 Mrd. RMB (China Yuan Renminbi) bzw. nahezu 107 Mio. € erforderlich.

Halbkugelförmige Schalen

Die Konstruktion ist wirklich beeindruckend. Die beweglichen Dachelemente bilden zwei enorme halbkugelförmige Schalen aus Stahl und Glas, die sich über das halboffene, gewölbte Stadionsdach schieben, das ebenfalls aus einer komplexen Stahlkonstruktion besteht.

Jede der beiden Schalen wiegt ungefähr 1.100 t, und beim Öffnen und Schließen legt jede Schale eine Distanz von ca. 60 m zurück. Um diese schwere Stahlkonstruktion reibungslos und ohne übermäßige Torsion bewegen zu können, entwickelte Enerpac einen leistungsfähigen hydraulischen Antrieb mit einem fortschrittlichen, elektronischen Kontroll- und Steuerungssystem. Erstmals wird Hydraulik zum Öffnen und Schließen eines beweglichen Daches eingesetzt.

Hydraulische Winden

Das Verschieben der beweglichen Dachschaalen erfolgt mit insgesamt 16 Stahlseilen mit einer Stärke von 64 mm über acht schwere Winden (vier je Dachschaale) mit jeweils 136 t Zugkraft. Zum Schließen des Stadionsdachs wer-

den die Dachschaalen synchron über eine Seilrolle im oberen Dachbereich nach oben gezogen. Das Öffnen erfolgt ganz einfach mit Hilfe der Schwerkraft. Die Dachschaalen gleiten gewissermaßen über das Dach nach unten in ihre Ausgangsposition, wobei die Stahlseile dem Gewicht der Schalen entgegenwirken.

Die Seiltrommel jeder Winde wird durch eine Kombination aus sechs Hydraulikmotoren und Planetenantriebs-Reduktionsgetrieben mit niedriger Drehzahl und hohem Drehmoment angetrieben. Durch diese Anordnung ist die Systemzuverlässigkeit und damit die Sicherheit gewährleistet. Falls selbst zwei der Motorkombinationen gleichzeitig ausfallen sollten, ist ein normaler Betrieb sichergestellt.

Laufkatzen auf Schienen

Die halbkugelförmigen Schalen werden von insgesamt 44 Laufkatzen unterstützt; 22 je Dachhälfte. Diese Laufkatzen laufen auf Schienen, die in die Dachkonstruktion integriert sind und fungieren gewissermaßen als Räder der Dachschaalen. Dank der Unterstü-



▲ Das Nan Tong Stadion mit beweglichem Dach in geöffnetem Zustand



▲ 8 hydraulische Winden ermöglichen das Dach auf Schienen auf- und zuzuschieben

zung durch die Laufkatzen bildet das komplette Dach einen so genannten »superstatischen, räumlichen Mechanismus«.

Als Lösung für den komplizierten Mehrpunktantrieb der beweglichen Dachschalen wurde jede Laufkatze mit einer eigenen hydraulischen Einheit ausgestattet. Diese Einheit besteht aus einer Pumpe und verschiedenen Korrekturzylindern, mit denen beim Öffnen und Schließen jeder Stützpunkt der beweglichen Dachschalen in drei Richtungen korrigiert werden kann. Über Druck- und Bewegungssensoren wird fortwährend kontrolliert, ob eine mögliche (Schienen)Blockade der Laufkatze auftritt, sei es als Folge eines Installationsfehlers des Hauptbogens, sei es aufgrund einer abweichenden Bewegung beim Öffnen oder Schließen. Aufgrund der Daten dieser Sensoren werden der Hydraulikdruck und der Hub der Korrekturzylinder angesteuert und das Stahlseil kann entsprechend angepasst werden.

Vertikale und horizontale Korrektur

Mit dem vertikalen Korrekturzylinder auf der Laufkatze lassen sich eventuelle Höhenunterschiede zwischen den Dachschalen und der festen Dachkonstruktion kompensieren. Derartige Unterschiede können durch Verformung der Stahlkonstruktion des festen Dachs bzw. der beweglichen Dachschalen auftreten. Das Steuerungssystem misst dazu den Zylinderhub und den Öldruck im Korrekturzylinder. Anhand dieser Werte berechnet das Steuerungssystem beim Öffnen und Schließen der Dachschalen die Belastung der Laufkatze.

Auf Basis einer bestimmten Strategie und bestimmter Algorithmen steuert das System ein proportionales Servoventil an, um auf diese Weise den Druck und die Bewegung der Hubzylinder anzupassen. So kann die Belastung jeder einzelnen Laufkatze im Prinzip ausgeglichen und eine Überbelastung vermieden werden.



▲ Die 2.200 t schwere, bewegliche Dachkonstruktion aus Stahl des Nan Tong Stadions wird hydraulisch geöffnet und geschlossen. Beide Dachschalen werden mit Hilfe von 44 Laufkatzen und 8 hydraulischen Winden über Schienen bewegt.

Die vertikalen Zylinder auf den Laufkatzen haben außerdem im Verlauf der Installation und Inbetriebnahme der Konstruktion eine Funktion erfüllt: Sie wurden eingesetzt, um die Installationshöhe der Laufkatzen zu kontrollieren und eventuelle Fehler zu korrigieren, die bei der Produktion und der Installation der Stahlkonstruktion aufgetreten sein könnten. Außerdem dienen die vertikalen Hydraulikzylinder dazu, beim Vermindern der Schweißspannung in der Stahlkonstruktion ein neuerliches Anpassen der Belastung der Laufkatzen zu vermeiden.

Die beiden quer positionierten Hydraulikzylinder auf den Laufkatzen kompensieren die unvermeidliche horizontale Pendelbewegung der Laufkatzen auf den Schienen und verhindern ein seitliches »Entgleisen«. Zu diesem Zweck werden die beim gesamten Öffnungs- und Schließvorgang der Dachteile auf die Führungsscheiben wirkenden Kräfte mit Hilfe von Sensoren in Echtzeit kontrolliert. Werden die auf die Führungsscheibe wirkenden Kräfte zu groß, steuert das Steuerungssystem unmittelbar die beiden quer positio-

nierten Hydraulikzylinder an (seitliche Korrektur), um diese Kräfte zu reduzieren und auf diese Weise eine zu hohe laterale Belastung der Bogenkonstruktion zu verhindern.

Fortschrittlich und sicher – kontrollierte hydraulische Bewegung

Der hydraulische Antrieb des beweglichen Stadionsdachs, den Enerpac hier entwickelt und installiert hat, ist eine absolute Neuheit sowohl für China als auch für den Stadionbau weltweit. Ein wichtiger Vorteil dieses Hydrauliksystems besteht in der hohen Zuverlässigkeit und damit enormen Sicherheit. Darüber hinaus bietet der Einsatz der Hydraulik den großen Vorteil, dass das Öffnen und Schließen der Dachschalen schrittweise, reibungslos, synchron und vor allem ohne große Torsionskräfte erfolgen kann.

Kontakt:
Irene Kremer
Enerpac BV
P.O. Box 8097, 6710 AB Ede
The Netherlands
Tel.: +31 318 535 911
E-Mail: Irene.kremer@enerpac.com
www.enerpac.com