

グローバル仕様深井戸用キャンドモータの開発

楯石 修* 栗田 要**

Development of Deep Well Submersible Canned Motors for the Global Market

by Osamu TATEISHI, & Kaname KURITA

This paper presents deep well submersible canned motors for the global market. The market for deep well submersible motor pumps is recently expanding with the increased use of well water due to population growth and economic development in emerging countries. Therefore, Ebara Corporation has developed deep well submersible canned motors ZBH4N, ZBH6N, and ZBH8N, which provide the high quality, reliability, and durability required by the global market, have high thrust load bearings, and meet NEMA standards. The company has launched the products in the global market.

Keywords: Submersible canned motor, High reliability, High durability, High thrust load bearing, Deep well, High depth, Starter, Single phase motor, Three phase motor, Clean water

1. はじめに

世界の深井戸用水中モータポンプ市場では、特に新興国の人口増加、経済発展に伴い、生活用水・農業用水・工業用水等の需要が拡大している。海外では、これらは井戸からの取水によることが多い。井戸水の消費が増加することで水位が低下し、更に高深度からの取水が必要とされ、水中モータに対するより高い信頼性が要求されている。

当社はこれまで日本市場向けに深井戸用水中モータポンプを生産・販売していたが、今回グローバル市場に適合したキャンドモータを開発したので、その概要を紹介する。

2. 製品概要

開発した水中キャンドモータ ZBH4N, ZBH6N, ZBH8N 型*の外観を写真1に示す。



13-77 01/242

写真1 深井戸水中キャンドモータ製品外観
(左から ZBH4N, ZBH6N, ZBH8N 型)

Photo 1 Exterior of deep well submersible canned motors
(From the left, Model ZBH4N, ZBH6N, and ZBH8N)

2-1 製品仕様

各機種の製品仕様を表1に示す。全機種、国際的に標準的な規格であるNEMA (National Electrical Manufacturers Association: 米国) 規格に準拠している。

* 風水力機械カンパニー 技術生産統括 標準ポンプ事業統括部
モータ開発設計室

** 同 同 同
水中ポンプ開発設計室

※ZBH4N, ZBH6N, ZBH8N型は当社の機種記号である。各型式の数字は、対応する井戸の径をインチサイズで表している。

表1 深井戸水中キャンドモータ仕様一覧
Table 1 Specifications of deep well submersible canned motors

機名 Model		ZBH4N			ZBH6N			ZBH8N
		Low	Middle	High	S-type	M-type	L-type	-
出力 Output		0.37 ~ 0.55 kW	0.75 ~ 1.5 kW	2.2 ~ 5.5 kW	3.7 ~ 5.5 kW	7.5 ~ 22 kW	30 ~ 45 kW	30 ~ 55 kW
相/極 Phase/Poles	単相 Single phase	2極 : 0.37 ~ 3.7 kW 2 poles			2極 : 3.7 ~ 11 kW 2 poles			-
	三相 3 phase	2極 : 0.37 ~ 5.5 kW 2 poles			2極 : 3.7 ~ 45 kW 2 poles			2極 : 30 ~ 55 kW 2 poles
周波数/電圧 Frequency/ Voltage	単相 50Hz Single phase	220, 230 V			-			-
	単相 60Hz Single phase	220, 230 V			230V	-		-
	三相 50Hz 3 phase	220, 230, 380, 400, 415 V			380, 400, 415 V (45 kW 除く) (45 kW is excluded.)			380, 400, 415 V
	三相 60Hz 3 phase	220, 230, 380, 400, 460 V			200, 230, 460 V		460 V	380, 400, 460 V
耐熱クラス Thermal class		F						
回転方向 Rotation		反時計方向/CCW (軸端から見て) Counterclockwise/CCW (When viewed from the shaft end)						
ポンプ取扱液 Liquid handled	液質 Type	清水 (pH 6.5 ~ 8) Clean water						
	温度 Temp.	40°C			35°C : 3.7 ~ 37 kW, 25°C : 45 kW			30°C
最小冷却流速 Min. cooling velocity		0.063 m/s			0.15 m/s			0.15 m/s
水深限度 Max. depth		150 m			300 m			300 m
許容最大 スラスト荷重 Thrust bearing max. load	上向き Up side	300 N			1330 N			2450 N
	下向き Down side	1500 N	3000 N	6500 N	7840 N	15700 N	22500 N (27500 N)	44500 N
封入液 Filling liquid		プロピレングリコール水溶液 Propylene glycol water solution						
軸封 Shaft seal		オイルシール Oil seal			メカニカルシール (SiC/SiC) Mechanical seal			オイルシール Oil seal
材料 Materials	フレーム Frame	SUS304 304 stainless steel						
	主軸 Shaft	SUS431 431 stainless steel						
	ブラケット Bracket	FC200 + SUS304カバー Cast iron + 304 stainless steel cover			FC200 + エポキシ電着塗装 又は SUS304 Cast iron + Epoxy electrodeposition coating or 304 stainless steel			SUS304 304 stainless steel
	スラスト軸受 Thrust bearing	カーボン Carbon						
準拠規格 Applicable standards		NEMA MG 1						

2-2 モータ構造及び使用例

水中キャンドモータの構造例を図1に、また使用例を図2に示す。一般的に、深井戸用水中モータはポンプに直結され、ポンプと共に井戸内へ完全に水没した状態で使用するため、モータ外径は井戸径に制限され、細径、長尺な形状となる。

キャンドモータは、モータの巻線を取納するステータ

室が、取扱液及び封入液から完全に隔離された溶接密封構造 (CANNED構造) をもち、巻線が完全に密閉されていることから、コイル絶縁の劣化に対する高い耐久性を有している。また、ステータ室内に樹脂を充填することによって、高い水圧に耐える構造とすることができる。

モータのロータ室には、食品添加物でも使用されているプロピレングリコールを封入している。

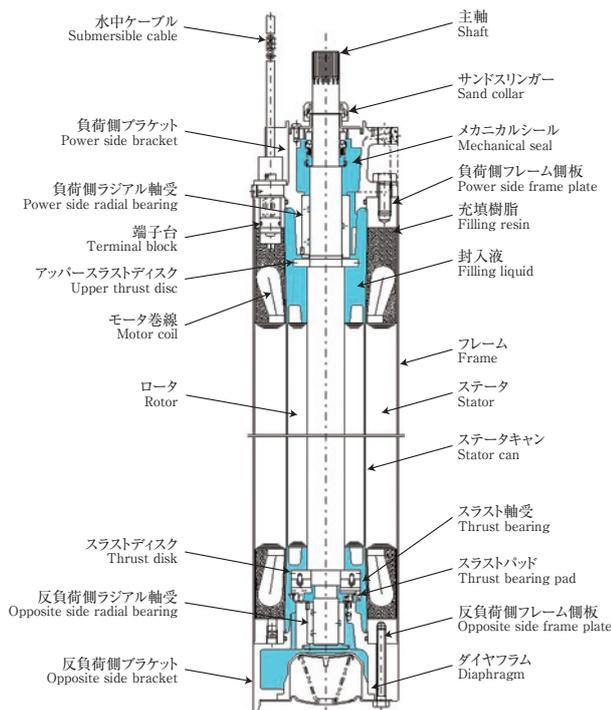


図1 キャンドモータ構造図 (ZBH6N (S) 型)
Fig. 1 Canned motor sectional view (Model ZBH6N(S))

さらに、ポンプ揚水時の反力として発生するスラスト荷重を受けられるスラスト軸受を有している。

3. 当社キャンドモータシリーズの特長

3-1 4インチキャンドモータ (ZBH4N型)

最も小さい4インチ深井戸用モータは、家庭用、農業用等に世界中で広く使用されている。モータの駆動電源は、日本国内では主に三相電源が使用されているが、海外では多くが単相電源である。単相モータには始動装置が必要であり、様々な始動方式が使用地域の実情、要求に合わせて使い分けられている。

当社製ZBH4N型単相モータは、コンデンサ始動誘導方式 (CSIR方式)、コンデンサ始動駆動方式 (CSCR方式)、分相始動方式の3タイプにコンデンサ分相方式 (PSC方式) を加えて、計4タイプの始動方式をラインナップした。各始動方式の比較を表2に示す。

CSIR, CSCR, 分相始動方式はいずれも補助巻線又は始動コンデンサ切り離し用のスイッチ (電圧リレー) が必要であり、電源事情が悪く、電圧降下が大きな地域ではスイッチの動作が不安定になることから、その代替品としてPSC方式を新たに開発したものである。

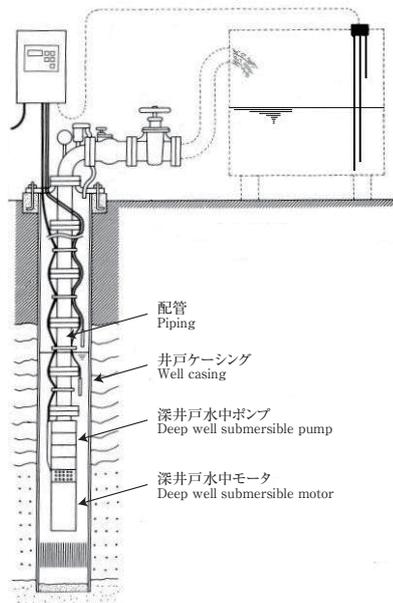


図2 深井戸水中モータポンプ使用例
Fig. 2 Example of deep well submersible motor pump use

3-2 6インチキャンドモータ (ZBH6N型)

6インチモータは主に比較的中規模の灌漑や工業用水、公共取水用途に使用されることが多いため、高い信頼性が要求される。また、電源仕様は三相モータが多くを占めるが、出力の小さい範囲 (11 kW以下) では単相モータの需要も存在する。

当社製ZBH6N型キャンドモータ (三相3.7~45 kW) は、取水の高深度化に伴い、信頼性向上のためNEMA規格の基準値を上回る耐荷重性能を有するスラスト軸受を4タイプ用意した。さらに、単相モータ4機種 (3.7~11 kW / 大きな始動トルクが必要な高出力範囲なのでCSCR方式を採用) を新規に開発、製品ラインナップに加えた。

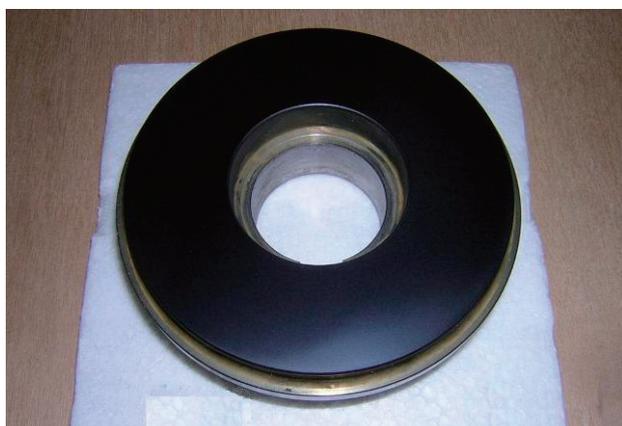
3-3 8インチキャンドモータ (ZBH8N型)

8インチモータは大規模の灌漑や工業用水、公共取水用途に使用されることが多く、更に高い信頼性、耐久性が要求されるため、6インチ同様、NEMA規格の基準値を上回る44500 Nの耐荷重性能を有するスラスト軸受 (写真2) を全出力に標準搭載した、ZBH8N型水中キャンドモータ (三相30~55 kW) 4機種を開発した。

市場では55 kW以上の需要も多いが、8インチモータではメンテナンス性の要求も高いことから、より大出力の範囲についてはキャンドモータではなく、コイル巻替えが可能な耐水絶縁電線型 (水封式) モータで対応している。

表2 単相モータ始動方式一覧
Table 2 Types of starting method for single phase motors

始動方式 Starting method	コンデンサ分相方式 (PSC/Permanent split capacitor)	コンデンサ始動誘導方式 (CSIR/Capacitor start induction run)	コンデンサ始動駆動方式 (CSCR/Capacitor start capacitor run)	分相始動方式 (Split phase)
説明 Explanation	常時、補助巻線にコンデンサを接続。始動スイッチ不要のため、電源電圧の変動に強い。 A capacitor is always connected to auxiliary winding. Starting switch unnecessary. It is resistant to voltage fluctuations.	始動時だけ補助巻線にコンデンサを接続、始動後スイッチにて切り離す。 A capacitor is connected to auxiliary winding only at the time of starting. It is detached by a switch after starting.	PSCとCSIRを合わせたタイプで、性能的には最も良い。コンデンサは常時接続1個、始動用1個の計2個。 This type is a combination of PSC and CSIR. The characteristic is the best. Two capacitors in total, 1 piece for always-on connection and 1 piece for starting.	巻線抵抗の大きい補助巻線で始動。始動後スイッチにて切り離す。 It starts by auxiliary winding with large resistance. It is detached by a switch after starting.
コンデンサ数 Number of capacitors	1	1	2	0
始動スイッチ Starting switch	不要 Unnecessary	要 Necessary	要 Necessary	要 Necessary
始動特性 Starting characteristics	始動トルク：やや小 Starting torque: medium-small	始動トルク：大 Starting torque: large	始動トルク：大 Starting torque: large	始動トルク：中 Starting torque: medium
運転特性 Running characteristics	良 Good	並 Average	良 Good	並 Average
ZBH4N型 出力 Model ZBH4N output	0.37 ~ 2.2 kW	0.37 ~ 0.75 kW	1.1 ~ 3.7 kW	0.37 ~ 1.1 kW
ZBH6N型 出力 Model ZBH6N output	-	-	3.7 ~ 11 kW	-



13-77 02/242

写真2 高スラスト荷重軸受
Photo 2 High thrust load bearing

4. おわりに

今回4, 6, 8インチをシリーズ化したキャンドモータは、深井戸水中モータポンプ市場の要求仕様、海外規格に対応した清水取水用の製品である。しかしながら、清水環境だけでなく、特殊環境（海水、高温水等）での取水に対する市場要求の高まりがあることから、今後はその要求に応じていけるよう、更に信頼性の高い製品開発を推進していく所存である。