



درخواست پیشنهاد (RFP)

پروژه

"طراحی و ساخت الکتروپمپ چاه ژرف با ولتاژ بالا و مقاوم در شرایط خاص (دمای بالا، خوردگی، شوری آب، عمق غوطه وری بالا، ارتفاع پمپاژ بالای ۵۰۰ متر و...)"

خرداد ماه سال ۱۴۰۵

۱. مقدمه

بحران کم‌آبی و محدودیت منابع آبی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های امروز کشور و بسیاری از مناطق جهان است. افزایش مصرف آب در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت و محدودیت منابع آبی متعارف، ضرورت شناسایی و بهره‌برداری از منابع جدید را دوچندان کرده است. در این میان، منابع آب ژرف به‌عنوان یکی از ذخایر راهبردی و کمتر شناخته‌شده، مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند.

در سال‌های اخیر، با حمایت معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری و بهره‌گیری از توان شرکت‌های دانش‌بنیان، مطالعات اکتشاف و استحصال آب‌های ژرف در کشور انجام پذیرفت و در برخی مناطق شرق کشور، آب استخراج‌شده پس از فرآیند تصفیه وارد شبکه آب شرب گردید. شرایط خاص بهره‌برداری از این چاه‌ها، از جمله عمق زیاد، دمای بالا و شوری قابل‌توجه الزام استفاده از تجهیزات و فناوری‌های پیشرفته و مقاوم را ایجاب می‌کند.

بر همین اساس، بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت الکتروموتورهای شناور فشار قوی و پمپ‌های مرتبط، با قابلیت کارکرد پایدار در شرایط سخت دمایی و خوردگی بالای آب، به‌عنوان یکی از بخش‌های کلیدی زنجیره بهره‌برداری از چاه‌های آب ژرف، در دستور کار این پروژه قرار گرفته است. این اقدام، علاوه بر کاهش چشمگیر هزینه‌ها و زمان تأمین نسبت به نمونه‌های مشابه خارجی، نقشی راهبردی در توسعه دانش فنی داخلی، ایجاد زیرساخت پایدار تأمین آب و افزایش توانمندی کشور در بهره‌برداری از منابع آب ژرف ایفا خواهد کرد.

۲. ضرورت اجرای پروژه

بهره‌برداری پایدار از چاه‌های آب ژرف با عمق بیش از ۱۰۰۰ متر، مستلزم به‌کارگیری الکتروموتورهای شناور ولتاژ بالا است. افزایش سطح ولتاژ راه‌اندازی و بهره‌برداری این الکتروموتورها، به‌طور مستقیم موجب کاهش جریان نامی و در نتیجه، کاهش چشمگیر تلفات الکتریکی در طول کابل قدرت می‌شود. این امر امکان کاهش سطح مقطع و وزن کابل را فراهم آورده و هزینه‌های قابل‌توجه تأمین، نصب و نگهداری تجهیزات سرچاهی را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، کاهش قطر و وزن کابل، نصب مجموعه پمپ-موتور را در اعماق بیشتر تسهیل کرده و محدودیت‌های مکانیکی و لجستیکی موجود در چاه‌های ژرف را مرتفع می‌سازد. در حال حاضر، تأمین الکتروموتورهای شناور با مشخصات فنی مذکور عمدتاً از طریق واردات صورت می‌پذیرد که این وابستگی، چالش‌هایی نظیر زمان تأمین طولانی، هزینه‌های ارزی بالا و دشواری در دریافت خدمات پس از فروش و پشتیبانی فنی را به همراه دارد. بر این اساس، بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت این الکتروموتورها در داخل کشور، یک ضرورت راهبردی برای تضمین پایداری زنجیره تأمین، کاهش هزینه‌های پروژه‌های ملی و توسعه توانمندی‌های فناورانه در حوزه تجهیزات پیشرفته چاه‌های ژرف محسوب می‌شود.

۳. بیان مسئله و شرح دقیق نیاز

الکتروپمپ‌های شناور متداول که عمدتاً برای چاه‌های کم‌عمق و شرایط بهره‌برداری متعارف طراحی شده‌اند، در مواجهه با محیط عملیاتی چاه‌های ژرف با چالش‌های اساسی و چندگانه‌ای روبه‌رو می‌شوند. در این چاه‌ها، دمای سیال در عمق استقرار پمپ می‌تواند از ۷۵ درجه سانتی‌گراد فراتر رود؛ چنین دماهایی موجب تسریع فرسایش حرارتی سیستم عایقی سیم‌پیچ‌ها و در نهایت کاهش شدید طول عمر الکتروموتور می‌گردد. علاوه بر این، وجود فشار هیدرواستاتیک بالا، همراه با شوری قابل توجه آب (تا ۶۰,۰۰۰ ppm و بالاتر) و حضور عوامل خوردنده نظیر یون‌های کلراید، شرایطی به شدت خوردنده پدید می‌آورد که مواد و آب‌بندی‌های به کار رفته در تجهیزات متعارف، توانایی مقاومت در برابر آن را ندارند. هم‌زمان، الزام به استفاده از راه‌اندازی با ولتاژ بالا جهت کاهش تلفات الکتریکی در کابل‌های طویل چاه‌های ژرف، مستلزم طراحی سیم‌پیچی و عایق‌بندی‌های ویژه‌ای است که در الکتروموتورهای فشار ضعیف مرسوم پیش‌بینی نشده است. بدین ترتیب، ترکیب هم‌زمان سه عامل «دمای بالا»، «محیط خوردنده و پرفشار» و «نیاز به عملکرد در سطوح ولتاژ متوسط»، الکتروپمپ‌های متداول را عملاً فاقد صلاحیت بهره‌برداری در چاه‌های آب ژرف می‌سازد و ضرورت توسعه و تأمین الکتروموتورهای شناور پیشرفته با طراحی مقاوم در برابر این شرایط را آشکار می‌کند.

۴. اهداف اجرای پروژه

در بخش الکتروموتور، توان نامی تحویلی در محدوده ۲۰۰ تا ۲۲۰ کیلووات با سرعت نامی ۳۰۰۰ تا ۳۶۰۰ دور در دقیقه (بسته به فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز) هدف‌گذاری می‌شود. طراحی الکتریکی موتور باید قابلیت راه‌اندازی و بهره‌برداری پایدار در سطوح ولتاژ نامی ۶۶۰ تا ۱۰۰۰ ولت (فشار متوسط) را داشته باشد. از منظر مکانیکی، بدنه، اتصالات و سیستم آب‌بندی الکتروموتور باید توانایی تحمل فشار غوطه‌وری معادل ۵۰ بار را در عمق استقرار دارا باشد. همچنین سیستم عایقی سیم‌پیچ‌ها و مجموعه یاتاقان‌ها و روان‌کارها باید برای عملکرد مداوم در سیال با دمای عملیاتی تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد طراحی و انتخاب شوند. مقاومت در برابر خوردگی شدید ناشی از شوری بالا (کلرایدها) و عوامل خوردنده موجود در سیال چاه‌های ژرف، به‌عنوان یک الزام طراحی برای کلیه قطعات در تماس با سیال در نظر گرفته می‌شود.

در بخش مجموعه پمپ، هدف دستیابی به یک سیستم پمپاژ شناور با هد تولیدی حداقل ۵۰۰ متر است که تطابق کاملی با منحنی عملکرد الکتروموتور طراحی شده داشته باشد.

هدف اصلی این پروژه، دستیابی به یک سامانه پمپ-موتور بومی‌سازی شده با افزایش قابل توجه عمر کاری و قابلیت اطمینان در شرایط خاص و سخت بهره‌برداری چاه‌های ژرف (دمای فشار و خوردگی بالا) نسبت به تجهیزات متداول است.

۵. محدوده کار و شرح خدمات

خدمات موضوع این پروژه، کلیه فعالیت های مهندسی، ساخت، تست و مستندسازی الکتروموتور شناور فشار متوسط و پمپ مرتبط را در بر می گیرد. شرح خدمات تفصیلی به شرح زیر می باشد:

الف) طراحی و مهندسی الکتروموتور

- طراحی الکترومغناطیسی موتور شامل محاسبات هسته، سیم پیچی، چگالی شار و گشتاور
- طراحی سیستم عایق بندی سیم پیچ ها متناسب با ولتاژ نامی تا ۱۰۰۰ ولت و دمای عملیاتی ۷۰ درجه سانتی گراد
- طراحی مکانیکی بدنه، شفت و اجزای ساختاری با قابلیت تحمل فشار غوطه وری تا ۵۰ بار
- طراحی سیستم آب بندی شفت و اتصالات بدنه جهت جلوگیری از نفوذ سیال
- انتخاب مواد و آلیاژهای مقاوم به خوردگی شدید برای کلیه قطعات در تماس با سیال (بدنه، شفت، اتصالات و آب بندها)
- طراحی کف گرد (Thrust Bearing) الکتروموتور با قابلیت تحمل بارهای محوری و مقاومت در برابر خوردگی و فشار بالا
- طراحی رینگ های سایشی (Wear Rings) مقاوم در برابر خوردگی و دمای بالا

ب) طراحی و مهندسی پمپ

- طراحی هیدرولیکی پمپ با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و تحلیل عملکرد در نقطه کاری هدف
- طراحی مکانیکی پروانه ها، دیفیوزرها و پوسته پمپ
- انتخاب مواد مقاوم به خوردگی و سایش برای کلیه قطعات هیدرولیکی
- طراحی سیستم آب بندی و یاتاقان های شعاعی پمپ

ج) ساخت و تست نمونه اولیه

- ساخت نمونه مهندسی الکتروموتور و پمپ مطابق با مستندات طراحی مصوب
- انجام تست های کارخانه ای (FAT) شامل:
 - تست مقاومت عایقی سیم پیچ ها در دمای محیط و دمای عملیاتی
 - تست لغزش (Slip Test) و صحه گذاری منحنی سرعت-گشتاور
 - تست عملکردی تحت بار و ثبت تغییرات دمایی سیم پیچ و یاتاقان ها
 - ایجاد شرایط عملیاتی واقعی (دما، فشار، شوری) در محیط آزمایشگاه و حصول اطمینان از صحت عملکرد سامانه

د) شبیه‌سازی، تحلیل و مستندسازی

- انجام شبیه‌سازی‌های الکترومغناطیسی، الکتریکی و حرارتی موتور و تطبیق نتایج با داده‌های تست آزمایشگاهی
- شبیه‌سازی رفتاری سامانه در سناریوهای مختلف بهره‌برداری
- تهیه و تحویل مدل‌های سه‌بعدی کامل کلیه قطعات و مجموعه مونتاژی
- تهیه و تحویل کلیه مستندات فنی، نقشه‌های ساخت و دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری

۶. مشخصات فنی، کمیت و کیفیت مورد انتظار کارفرما

به منظور حصول اطمینان از انطباق تجهیزات با شرایط عملیاتی چاه‌های ژرف، مشخصات فنی، کمی و کیفی زیر به‌عنوان الزامات حداقلی کارفرما تعریف می‌گردد. پیشنهاد دهنده موظف است در پیشنهاد فنی خود، انطباق کامل با این مشخصات را مستندسازی و اعلام نماید.

الف) مشخصات فنی الکتروموتور

کلاس عایقی سیم‌پیچی: سیستم عایقی الکتروموتور باید حداقل منطبق بر کلاس حرارتی $H (180^{\circ}C)$ طبق استاندارد IEC 60085 طراحی و ساخته شود. تأمین‌کننده موظف است گواهی مواد عایقی به‌کار رفته و نتایج تست‌های تأییدیه حرارتی را به همراه پیشنهاد فنی ارائه نماید.

سیستم خنک‌کاری: الکتروموتور باید از نوع آب‌پر (Water-filled) با سیال خنک‌کننده داخلی متشکل از آب دیونیزه و بازدارنده‌های خوردگی مناسب طراحی شود. خنک‌کاری خارجی موتور نیز باید از طریق جریان سیال فرایندی اطراف بدنه تأمین گردد. تأمین‌کننده باید حداقل سرعت جریان سیال (fps) مورد نیاز برای دفع حرارت در دمای عملیاتی $70^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد را محاسبه و اعلام نماید.

جنس شفت: شفت الکتروموتور باید از فولاد ضدزنگ مقاوم به خوردگی، حداقل گرید AISI 316L یا آلایژ معادل، با استحکام تسلیم حداقل 550 مگاپاسکال ساخته شود. انتخاب ماده باید با در نظر گرفتن تنش‌های پیچشی، خمشی و محوری وارده در شرایط راه‌اندازی و بهره‌برداری انجام پذیرد.

سیستم آب‌بندی: الکتروموتور باید به سیستم آب‌بندی کامل در برابر نفوذ سیال چاه مجهز باشد. آب‌بندی شفت از طریق سیل مکانیکی یا ترکیب سیل مکانیکی و لایبرنت صورت گیرد. همچنین نصب سنسور تشخیص نفوذ رطوبت (Moisture Sensor) در پایین‌ترین بخش محفظه موتور جهت پایش مستمر و ارسال هشدار نشتی الزامی است.

کف‌گرد (Thrust Bearing): کف‌گرد موتور باید قادر به تحمل هم‌زمان بارهای محوری استاتیکی و دینامیکی ناشی از وزن مجموعه دوار و تراست هیدرولیکی پمپ باشد. طراحی باید برای عملکرد در شرایط دور متغیر (در صورت کار با درایو فرکانس متغیر)، خنک‌کاری مؤثر توسط سیال فرایندی و سازگاری با تعداد طبقات پمپ صورت گیرد. تأمین‌کننده موظف است محاسبات ظرفیت باربری کف‌گرد، ضرایب اطمینان طراحی و عمر نامی (L_{10}) را در مستندات فنی ارائه نماید.

ب) مشخصات فنی پمپ

جنس بدنه و پروانه ها: کلیه قطعات هیدرولیکی پمپ شامل بدنه (Casing)، پروانه ها (Impellers) و دیفیوزرها (Diffusers) باید از فولاد ضدزنگ گرید AISI 316L یا آلایژ معادل با مقاومت اثبات شده در برابر خوردگی ناشی از یون های کلراید و عوامل خوردنده موجود در سیال چاه ساخته شوند. ارائه گواهی مواد (MTC) برای کلیه قطعات تحت فشار الزامی است.

هد تولیدی: پمپ باید در نقطه کاری نامی، حداقل هد ۵۰۰ متر را با ترانس مثبت تأمین نماید.

نوع پمپ: پمپ از نوع سانتریفیوژ چندطبقه (Multi-stage) با ساختار مدولار و پروانه های بسته طراحی گردد. طراحی باید امکان افزایش یا کاهش تعداد طبقات را برای تطبیق با شرایط مختلف چاه فراهم آورد.

مقاومت به سایش و رسوب: پروانه ها و دیفیوزرها باید دارای سختی سطحی کافی یا پوشش مقاوم به سایش ناشی از ذرات معلق موجود در سیال باشند. همچنین طراحی هیدرولیکی باید به گونه ای صورت پذیرد که احتمال رسوب گذاری در مجاری پروانه ها به حداقل برسد. ارائه نتایج تست های سایش تسریع شده یا سوابق عملکردی در شرایط مشابه مطلوب می باشد.

۷. خروجی های مورد انتظار

کارفرما انتظار دارد در پایان پروژه، خروجی های فنی و تجهیزاتی زیر توسط تأمین کننده تحویل گردد. این خروجی ها مبنای ارزیابی موفقیت پروژه و تأیید نهایی تحویل خواهد بود.

الف) خروجی های طراحی الکتروموتور

- طراحی مبتنی بر افزایش راندمان/کاهش تلفات
- بهینه سازی خنک کاری
- استفاده از متریال مقاوم به آب شور
- طراحی برای عمر طولانی

ب) خروجی های طراحی پمپ

- استفاده از تحلیل دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)
- طراحی مبتنی بر شرایط واقعی چاه ژرف
- انتخاب متریال مبتنی بر استانداردهای NACE
- طراحی ماژولار جهت تعمیرپذیری

ج) کنترل کیفیت و تست ها

تأمین کننده موظف است برنامه کنترل کیفیت و تست های زیر را اجرا و مستندات آن را ارائه نماید:

- تست عایقی ولتاژ بالا
- تست حرارتی

- تست فشار
- تست عملکرد در بار کامل
- تست در محیط شبیه سازی شده چاه
- تست دوام (Endurance Test)

د) خروجی های نهایی قابل تحویل

نمونه / الکتروپمپ: یک دستگاه کامل الکتروموتور شناور فشار متوسط و یک دستگاه پمپ چندطبقه منطبق بر مشخصات فنی مصوب، آماده نصب و بهره برداری.

مدارک طراحی: کلیه مستندات مهندسی شامل نقشه های ساخت و مونتاژ (As-Built)، دیتاشیت های نهایی تجهیزات، مدل های سه بعدی (CAD Models)، گزارش های تحلیل و محاسبات طراحی و دستورالعمل های نصب، راه اندازی، بهره برداری و نگهداری.

گزارش های تست: کلیه گزارش های تست های موضوع بند «ج» شامل نتایج خام، تحلیل داده ها، مقایسه با مقادیر طراحی و گواهی نامه های انطباق.

۸. مدت زمان پروژه

مدت کل اجرای پروژه ۶ ماه از تاریخ ابلاغ قرارداد خواهد بود. گزارش های پیشرفت هر سه ماه یکبار تهیه و جلسه بازبینی با کارفرما برگزار می گردد.

۹. شرایط احراز تسهیلات و قرارداد

حمایت مالی از طرح های منتخب، در قالب تسهیلات و پس از طی فرایند ارزیابی، تصویب و اخذ تضامین معتبر انجام خواهد شد. نوع، میزان و شرایط تضامین مورد نیاز، متناسب با مبلغ تسهیلات، ماهیت طرح، وضعیت حقوقی پیشنهاددهنده و ضوابط نهاد تأمین کننده منابع تعیین می شود.

میزان پیش پرداخت، مراحل پرداخت و سهم هر مرحله از تسهیلات، بر اساس برنامه زمان بندی، شرح فعالیت ها، نقاط تحویل، برآورد هزینه ها و جزئیات مالی ارائه شده از سوی پیشنهاددهنده تعیین خواهد شد. پرداخت ها می تواند به صورت مرحله ای و متناسب با پیشرفت واقعی پروژه، ارائه گزارش های فنی و مالی، تأیید تحویل های میانی و نظر کارفرما انجام شود.

در صورت اجرای کامل و قابل قبول فعالیت ها، انطباق خروجی های پروژه با شرح خدمات مصوب، تحقق اهداف و شاخص های مورد انتظار و تأیید نتایج بر اساس ارزیابی و نظر ستاد توسعه اقتصاد دانش بنیان آب، انرژی و محیط زیست، امکان تبدیل تمام یا بخشی از تسهیلات به حمایت بلاعوض وجود خواهد داشت. این موضوع منوط به رعایت تعهدات مجری، ارائه مستندات فنی و مالی، تحویل خروجی های مصوب و تأیید نهایی کارفرما خواهد بود.

برای قسمتهایی از تسهیلات که امکان بلاعوض شدن میسر نباشد، با نرخ مصوب بانکی، یک دوره تنفس شش ماهه و بازپرداخت ۱۲ ماهه تسویه حساب انجام خواهد گردید.

۱۰. شرایط احراز صلاحیت پیشنهاد دهندگان

پیشنهاد دهندگان باید حداقل شرایط و توانمندی های فنی، مالی و شخصیتی در اسناد ارزیابی کیفی را احراز نموده و مستندات مربوطه را به همراه پیشنهاد فنی ارائه نمایند. عدم ارائه مستندات کافی برای هر یک از موارد به منزله عدم احراز صلاحیت تلقی خواهد شد.

۱۱. نظارت بر عملکرد

نظارت مستمر بر عملکرد و نحوه اجرای پروژه، توسط ناظر معرفی شده از سوی ستاد آب، انرژی و محیط زیست معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان ریاست جمهوری انجام خواهد پذیرفت.

۱۲. ارسال مستندات

پیشنهاد دهندگان موظفند مستندات زیر را در مهلت مقرر و مطابق با دستورالعمل های مندرج در این فراخوان، به صورت کامل تهیه و ارسال نمایند.

- مستندات پروپزال فنی در قالب فرمت استاندارد تهیه شده (پیوست)
- اسناد ارزیابی کیفی فنی، مالی و شخصیتی
- اسناد ارزیابی اعتباری مالی به منظور اعطای تسهیلات

۱۳. فرآیند انتخاب پیشنهاد دهندگان

فرآیند ارزیابی پیشنهادها، متناسب با اسناد و مدارک ارائه شده از سوی پیشنهاد دهندگان انجام خواهد پذیرفت. کارفرما این حق را برای خود محفوظ می دارد که تا پیش از انعقاد قرارداد، نسبت به رد برخی یا تمامی پیشنهادها، درخواست شفاف سازی فنی یا مالی، و یا اعمال تغییر در محدوده و دامنه کار اقدام نماید.