وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

برخی نکات فنی در بهره‌برداری و راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

نگارندگان

افشین یوسف گمرکچی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین

نشریه فنی: 648

1403

مشخصات اثر

عنوان: برخی نکات فنی در بهره‌برداری و راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

نگارنده: افشین یوسف گمرکچی

ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کارشناس انتشارات: سمانه پورمنصور

سال انتشار: 1403

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 65339 در تاریخ 1403/2/16 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

کد پستی: 3177993545 **صندوق پستی:** 311-31785

نمابر : 02636210121 **تلفن:** 36201900- 026

وب‌سایت: http://www.swri.ir **پست الکترونیکی:** info.swri@areeo.ac.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارنده است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه 1

1- مشکلات رایج در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی 1

1-1- مشکلات مرتبط با کیفیت آب آبیاری در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی 3

1-2- مشکلات مرتبط با شیوه راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی 9

2- اصول مهم در راه‌اندازی و بهره‌برداری صحیح ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی 11

3- نتیجه‌گیری کلی و توصیه‌ها 23

4- فهرست منابع 25

پیشگفتار

در راستای اجرای سیاست‌های افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، ضروری است راهکارهای اجرائی که ارتقا بهره‌وری سامانه‌های آبیاری در سطح مزارع و باغات را فراهم می‌کند نیز مورد بررسی قرار گیرد. در این میان شناخت محدودیت‌ها، مزایا و قابلیت‌های فنی راه‌اندازی و بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی به‌عنوان قلب تپنده یک سامانه آبیاری، یکی از عوامل و شاخص‌های تأثیرگذار در ارتقای بهره‌وری سامانه‌های آبیاری محسوب می‌شود. با توجه به اهمیت ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، در این نشریه علاوه بر آشنایی با روش‌های راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ، تأثیر کیفیت آب آبیاری بر تأسیسات و ابنیه موجود در ایستگاه پمپاژ نیز مورد بررسی قرار گرفته است. ازاین‌رو هدف از نگارش این نشریه آشنایی **کارشناسان، مروجان، مهندسان ناظر و کشاورزان پیشرو** با اصول فنی راه‌اندازی و بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ است. در این راستا سعی بر آن بوده با یک دید کلی و جامع قابلیت‌ها و محدودیت‌های فنی راه‌اندازی و بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست علائم و مفاهیم

- **بانک خازن:** مجموعه‌ای از خازن‌های کنار یکدیگر است که توسط آن "توان راکتیو" قابل کنترل است.
- **توان اکتیو:** توان حقیقی یا واقعی است که در مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **توان راکتیو:** توان استفاده نشده یا توان موهومی است که برای هیچ کار مفیدی استفاده نمی‌شود.
- **درایو[1]:** سامانه کنترل الکترونیکی است که برای کنترل سرعت و جریان الکتروموتورها استفاده می‌شود.
- **راه انداز نرم یا سافت استارتر[2]:** سیستم کنترل الکترونیکی است که برای کنترل جریان راه‌اندازی الکتروموتور استفاده می‌شود.
- **شاخص لانژیلر(LI یا LSI):** شاخص کیفی آب از نظر میزان رسوب‌گذاری یا خورندگی.
- **شیرِ خفه‌کن:** تجهیزاتی است که برای قطع و وصل جریان در لوله‌ها به کار برده می‌شوند.
- **کل مواد جامد محلول (TDS):** کل مواد جامد محلول در آب است که ممکن است از نظر ماهیت، آلی یا معدنی باشند.
- **کنارگذر[3]:** سامانه‌ای متشکل از لوله‌ها و شیرهای یکطرفه است، که جریان سیال را در اطراف یک سیستم لوله کشی ایستگاه پمپاژ، در یک مسیر جداگانه برقرار می‌کند. تنظیم فشار خروجی ایستگاه پمپاژ، جهت انطباق بیشتر با فشار مورد نیاز سامانه آبیاری مهمترین هدف بکارگیری کنار گذر است.

[1] Drive
[2] Soft Starter
[3] By pass

مقدمه

با افزایش‌کاربرد پمپ‌ها در بخش کشاورزی (به‌ویژه با توسعه سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار در چند دهه اخیر)، مباحث فنی مرتبط با ایستگاه‌های پمپاژ دارای اهمیت دو چندانی شده است. ایستگاه‌های پمپاژ یکی از مهم‌ترین اجزای یک سامانه آبیاری و در واقع قلب تپنده آن محسوب شده که هرگونه ناکارآمدی در بهره‌برداری آن منجر به پایین آمدن بازده سامانه آبیاری خواهد شد. این در حالی است که بررسی سیاست‌ها و دستورالعمل‌های موجود نشان‌دهنده آن است که شاخص‌های کلیدی در ارزیابی و انتخاب سامانه‌های آبیاری عمدتاً بر بهبود کارایی مصرف آب متمرکز بوده و مباحث بهره‌وری و بهره‌برداری صحیح ایستگاه پمپاژ، کمتر مورد توجه سیاست‌گذاران، کارشناسان و بهره‌برداران بوده است. به نظر می‌رسد مواردی همچون خرید پمپ و الکتروموتور، تابلو برق، خطوط لوله مکش و رانش پمپ، شیرآلات مرتبط و ساخت سکوی ایستگاه پمپاژ در مبحث راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ و مواردی همچون هزینه‌های مرتبط با مصارف انرژی، استهلاک بالای تجهیزات ایستگاه پمپاژ، تعمیرات و تعویض پمپ‌ها در دوره بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، از مؤلفه‌های مهم، اساسی و پرهزینه پیش روی بهره‌برداران بوده که کمتر مورد توجه قرار گرفته است در حالی که شیوه صحیح راه‌اندازی و بهره‌برداری اصولی ایستگاه پمپاژ، نقش مهمی در ارتقاء بهره‌وری سامانه‌های آبیاری و کاهش مشکلات حادث شده برای بهره‌برداران خواهد داشت.

1- مشکلات رایج در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی

کیفیت آب آبیاری، تغییرات کیفی و کمی آب در طول فصول مختلف سال، استهلاک بالای پمپ‌ها، عدم سرویس منظم و مرتب، نوسانات برق و عدم حفاظت موتورهای الکتریکی در مقابل آنها، مصرف بالای انرژی، مصرف انرژی راکتیو به دلیل شیوه‌های راه‌اندازی پمپ‌ها در ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی، استهلاک خطوط انتقال و اتصالات مربوطه، ضربه قوچ، مشکلات مرتبط با روش طراحی، کیفیت تجهیزات بکار رفته و شیوه بهره‌برداری سامانه، استفاده از روش‌های نامناسب برای کنترل جریان، تخریب و دزدی لوازم و تجهیزات، از

مسائل عمده و قابل تأمل در ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی است (بهشتیان و همکاران، 1387). این بخش از مشکلات هرچند در سایر تأسیسات پمپاژ نظیر سامانه‌های آب‌رسانی شهری و روستایی نیز کم و بیش وجود دارد اما در ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی به دلیل مسائل اقتصادی، فنی و نوع نگرش بهره‌برداران بیش از پیش مشهود بوده و کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در شکل 1 نمونه‌ای از شیوه نامناسب ساخت سکو جهت نصب پمپ و الکتروموتور، در شکل 2 نمونه‌ای از استهلاک بالای تجهیزات داخلی پمپ و عدم آب‌بندی پمپ به دلیل استهلاک تجهیزات آن و در شکل 3 نمونه‌ای از مشکل ورود گرد و غبار و عدم حفاظت پمپ و الکتروموتور در محل ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی نشان داده شده است.

شکل 1- نمونه‌ای از شیوه بهره‌برداری اشتباه و نصب نامناسب الکتروموتور در ایستگاه پمپاژ (یوسف گمرکچی، 1395)

شکل 2- نمونه‌ای از استهلاک تاسیسات و خطوط انتقال در ایستگاه پمپاژ (یوسف گمرکچی، 1396)

شکل 3- نمونه‌ای از شیوه نادرست نصب پمپ (یوسف گمرکچی، 1395)

عموماً مشکلات مرتبط با محدودیت‌های کیفی آب در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ و تجهیزات مرتبط با آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که کیفیت منابع آب در بخش‌های وسیعی از کشور روزبه‌روز در حال افت کیفی است و مساله استفاده از منابع آب بی‌کیفیت مشکلات جدیدی را در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، به همراه خواهد داشت.

1-1- مشکلات مرتبط با کیفیت آب آبیاری در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

امروزه لوله‌های پلی‌اتیلن به‌عنوان جایگزین لوله‌های فلزی و چدنی؛ در بخش کشاورزی و به‌ویژه تجهیزات سامانه‌های آبیاری کاربرد گسترده‌ای پیدا نموده‌اند. ویژگی‌هایی همچون دوام و استحکام بالا، نصب آسان، کم‌هزینه‌بودن، عمر طولانی، سبک بودن، انعطاف‌پذیری، مقاومت در برابر اشعه نور خورشید، مقاومت در برابر خوردگی و تنوع بالا در سایز و اندازه، برخی از مزایای لوله‌های پلی‌اتیلن است که کشاورزان و دست‌اندرکاران این حیطه را به استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن بیش از پیش ترغیب می‌کند. اما علی‌رغم همه مزیت‌های اشاره شده مرتبط با لوله‌های پلی‌اتیلن، بخش مهم و تأثیرگذاری از سامانه‌های آبیاری (لوله‌های درون‌چاهی، خطوط لوله مکش و رانش پمپ، تجهیزات پمپ، تجهیزات سیستم کنترل

مرکزی و...) از لوله‌های فلزی تشکیل شده است. کاربرد لوله‌های فلزی در برخی موارد بر روی عملکرد تجهیزات ایستگاه پمپاژ تأثیرگذار بوده و در صورت وجود ناخالصی یا خاصیت خورندگی و رسوب‌گذاری آب آبیاری، بر کاهش عمر مفید پمپ و تأسیسات مرتبط با ایستگاه پمپاژ، تاثیرگذار خواهد بود به‌طور نمونه، خوردگی لوله‌های فلزی در تأسیسات ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی از اتفاقاتی است که عمر لوله و میزان کارایی آن را به میزان زیادی کاهش داده و گاهی اوقات مشکلاتی را در بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ ایجاد می‌کند. در شکل 4 نمونه‌ای از عدم توجه به محدودیت‌های کیفی آب آبیاری و بکارگیری تجهیزات آسیب‌پذیر در برابر خورندگی آب آبیاری نشان داده شده که منجر به سوراخ شدن لوله فلزی خط انتقال آب آبیاری شده است. همچنین در شکل 5 نمونه‌ای از تاثیر خورندگی آب بر روی قطعات داخلی پمپ و از بین رفتن پروانه متحرک داخل پمپ، نشان داده شده است.

شکل 4- نمونه‌ای از تاثیر خورندگی آب آبیاری بر روی خط انتقال آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1398)

شکل 5- خوردگی داخلی قطعات پمپ به دلیل کیفیت آب آبیاری (منبع، بی نام)

متأسفانه مباحث مرتبط با تاثیر کیفی آب در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ کمتر مورد توجه کارشناسان بوده و در طراحی ایستگاه‌های پمپاژ آب و ارائه دستورالعمل‌های بهره‌برداری، صرفاً مباحث هیدرولیکی مورد توجه بوده است. بنابراین انتخاب تجهیزات ایستگاه پمپاژ متناسب با محدودیت‌های کیفی آب آبیاری، از جمله مواردی است که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد و بهره‌برداران و کارشناسان قبل از اجرای ایستگاه‌های پمپاژ تدابیری جهت کنترل خورندگی، رسوب‌گذاری لوله‌ها یا آسیب‌های دیگر را در نظر داشته باشند. در این راستا مشکلات عمده و اصلی مرتبط با مباحث کیفی آب آبیاری در سه محور کلی خورندگی آب آبیاری، رسوب‌گذاری و رشد جلبک‌ها تفکیک شده است.

1-1-1- خورندگی آب آبیاری

آب خالص به خودی خود قدرت خورندگی چندانی ندارد. اما با حضور برخی عوامل شیمیایی، میکروبی و شرایط خاص فیزیکی، قدرت خورندگی آب افزایش چشمگیری می‌یابد تا آنجا که اگر کنترل نشود به تاسیسات و اتصالات خسارات شدید و قابل‌توجهی وارد می‌نماید (فیروزه و همکاران، 1394). هرچند پیشرفت خورندگی آب آبیاری بسیار آرام است اما این پدیده به‌صورت مستمر و با قدرت زیاد منجر به تخریب تجهیزات فلزی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی می‌شود. تخریب تاسیسات و اتصالات یک جنبه از مبحث خورندگی آب است و جنبه دیگر مبحث خورندگی آن است که اجزایی از سطح لوله و تاسیسات جدا شده

و به تدریج وارد آب آبیاری می‌شوند. این جنبه از خورندگی آب از نظر گرفتگی خطوط لوله، قطره‌چکان‌ها و آبپاش‌ها حائز اهمیت خواهد بود. در شکل 6 نمونه‌ای از تاثیر خورندگی آب آبیاری بر خط لوله انتقال آب نشان داده شده است.

شکل 6- نمونه‌ای از تاثیر خورندگی آب آبیاری بر روی خط انتقال آب (منبع، بی نام)

بطور خلاصه پارامترهای موثر بر خورندگی آب عبارتند از :

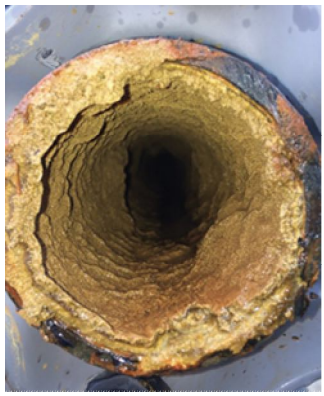
- پارامترهای فیزیکی: درجه حرارت آب، سرعت جریان، سختی ذرات جامد معلق در آب و ترکیب فلزی لوله‌ها
- پارامترهای شیمیایی: میزان اکسیژن محلول در آب، غلظت کل جامدات محلول (TDS)، pH، غلظت دی اکسید کربن.
- پارامترهای میکروبی: باکتری‌های آهن و احیاکننده سولفات (شکل 7) (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، 1388).

شکل 7- نمونه‌ای از تاثیر باکتری‌های آهن بر خوردگی لوله‌های فلزی درون چاهی (منبع، بی نام)

1-1-2- رسوب‌گذاری آب آبیاری

رسوب‌گذاری در نتیجه رسوب برخی از جامدات محلول آب در لوله‌ها ایجاد شده که باعث کاهش میزان جریان آب در داخل لوله‌ها، افزایش افت فشار و انرژی موردنیاز برای پمپاژ، انسداد لوله‌ها و افزایش هزینه بهره‌برداری و نگهداری می‌شود. عواملی همچون درجه سختی بالای آب، افت فشار، تغییر دما، تغییرات pH، در رسوب‌گذاری آب آبیاری تاثیرگذار هستند. اما برای آنکه املاح در لوله‌های آبرسان رسوب کنند علاوه بر عوامل مذکور، مواردی همچون تشکیل هسته‌های اولیه رسوب، زمان سکون آب در لوله، چسبندگی رسوب، جنس لوله و طول عمر لوله نیز در میزان رسوب‌گذاری آب آبیاری نقش اساسی دارند (تایبی، 1398). سرعت بالای آب درون لوله آبرسان گاهی از تشکیل رسوب جلوگیری می‌کند؛ اما در برخی موارد هم تشکیل رسوب را تشدید می‌کند. دلیل این امر وجود لایه‌مرزی است. به عبارتی آن قسمت از مواد محلول در آب که تمایل به رسوب‌گذاری دارند، معمولاً در نواحی متلاطم زودتر رسوب می‌کنند (Manjunatha *et al*., 2019). به طوری‌که در برخی موارد در قسمت مستقیم خط لوله رسوب کمی ایجاد شده ولی در زانویی که در قسمتی از همان خط لوله قرار دارد، رسوب‌گذاری شدید انجام شده است.

عمده‌ترین اشکال رسوبات تشکیل شده در خطوط لوله و تاسیسات ایستگاه‌های پمپاژ آب شامل کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم، کلرید منیزیم و هیدروکسید فلزات سنگین است که املاح آنها در آب آبیاری وجود دارد و با مساعد شدن شرایط منجر به تشکیل رسوب می‌گردد (جهانشاه و همکاران، 1401). اگرچه رسوب کربنات‌ها در آب‌های سطحی معمول است، ولی این عمل در آب‌های زیرزمینی از شدت بیشتری برخوردار است. آب‌های زیرزمینی با CO_2 موجود در خود و غلظت زیاد بی‌کربنات در حالت تعادل هستند و به محض پمپاژ این آب‌ها و قرار گرفتن در معرض هوای آزاد، CO_2 آنها متصاعد شده و کلسیم و منیزیم موجود به صورت کربنات رسوب می‌کند به همین دلیل رسوب کربنات کلسیم مشکل بالقوه آب در اکثر چاه‌های کشاورزی است (اکبری و همکاران، 1397). در شکل 8 نمونه‌ای از رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در لوله‌های فلزی انتقال آب در طول یک دوره بهره‌برداری بلند مدت، نشان داده شده است.



شکل 8- نمونه‌ای از رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در لوله‌های فلزی (منبع، بی نام)

1-1-3- رشد جلبک در استخرهای ذخیره آب کشاورزی:

یکی از مشکلاتی که کشاورزان در بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری با آن مواجه هستند، رشد جلبک‌ها در آب قبل از ورود به سامانه آبیاری است. آب‌های راکد و آب‌های حاوی مواد مغذی به‌خصوص کودهای نیتروژنی و فسفاتی، منبع مناسبی برای رشد جلبک و گیاهان سبزآبی می‌باشند. این مشکل در آب‌های سطحی و یا آبهای زیرزمینی که ابتدا وارد استخرهای ذخیره آب می‌شوند، حادتر است (صداقتی، 1384). از این رو یکی از مهمترین مشکلات در بهره‌برداری استخرهای ذخیره آب کشاورزی، رشد جلبک است. رشد و تکثیر جلبک در آب به چند روش می‌تواند تاثیرات نامطلوبی را بر کیفیت آب و بهره‌برداری از ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی ایجاد کند. رشد جلبک‌ها در استخرهای ذخیره آب کشاورزی منجر به بسته‌شدن و یا کاهش کارایی ایستگاه پمپاژ، تجهیزات سامانه کنترل مرکزی به ویژه فیلترهای شنی و فیلترهای دیسکی و در نهایت، منجر به ناکارآمدی سامانه آبیاری خواهد شد. رشد زیاد جلبک‌ها در استخر ذخیره آب، منجر به تغییر در ویژگی‌های زیستی و شیمیایی آب شده و بر اثر آن آب خاصیت خورندگی شیمیایی پیدا نموده و به تجهیزات و سامانه آبیاری آسیب وارد می‌شود (Kucserka *et al.*, 2023). در شکل‌های 9 و 10 نمایی از رشد جلبک در استخرهای ذخیره آب کشاورزی نشان داده شده است.

شکل 9- نمونه‌ای از رشد جلبک در استخر ذخیره آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1398)

شکل 10- نمونه‌ای از انباشت جلبک در استخر ذخیره آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1401)

1-2- مشکلات مرتبط با شیوه راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

همان‌گونه که اشاره شد بخشی از مشکلات ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی به کیفیت آب آبیاری مربوط است. مواردی همچون رسوب‌گذاری، خورندگی آب و رشد جلبک‌ها از جمله مشکلاتی است که کشاورزان در دوره بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ با آن روبرو خواهند شد. در ایستگاه‌های پمپاژی که از موتورهای الکتریکی برای نیروی محرکه پمپ‌ها استفاده می‌شود، شیوه راه‌اندازی پمپ نیز از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد، به نحوی که در برخی موارد بکارگیری شیوه اشتباه راه‌اندازی پمپ، منجر به اتلاف انرژی، افزایش

استهلاک وسایل الکتریکی و مکانیکی، کاهش عمر مفید پمپ و در نهایت افزایش هزینه‌های بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب خواهد شد (بهشتیان و همکاران، 1387). در روش‌های رایج راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، الکتروموتورهای بکار گرفته شده در ایستگاه‌های پمپاژ مستقیم با ولتاژ خط انتقال برق تغذیه می‌شوند. این نوع راه‌اندازی که ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ است، در لحظهٔ راه‌اندازی الکتروموتور ضربه‌ای قابل توجه به موتور و تجهیزات متصل به آن وارد می‌شود. این ضربه به مرور زمان می‌تواند باعث آسیب به تجهیزات مکانیکی می‌شود و معمولاً عمر متوسط این سیستم‌ها کمتر از میزان پیش‌بینی شده است (یوسف گمرکچی، 1399). از سوی دیگر جریان موردنیاز برای راه‌اندازی الکتروموتور در روش راه‌اندازی ضربه‌ای بسیار بالا است، بنابراین در لحظه استارت موتور به شبکه برق شوک لحظه‌ای وارد خواهد شد. گشتاور راه‌اندازی نیز از دیگر مشکلات فنی این روش بهره‌برداری بوده که در بعضی موارد باعث ایجاد تنش و ضربه به تجهیزات مکانیکی می‌شود. البته، مزیت این روش راه‌اندازی، سریع و کم‌هزینه بودن آن است (نبوی و عابدی، 1391).

علاوه بر روش راه‌اندازی مستقیم، شیوه رایج دیگر که به‌صورت گسترده توسط بهره‌برداران مورد استفاده قرار گرفته، راه‌اندازی الکتروموتورها به‌صورت ستاره- مثلث است. در این روش راه‌اندازی، برای محدود کردن جریان راه‌اندازی، الکتروموتورهای بزرگ در ولتاژ پایین‌تری راه‌اندازی می‌شوند (روش ستاره) و بعد از آن ولتاژ کامل تغذیه هنگامی اعمال می‌شود که الکتروموتور به نزدیکی سرعت نامی خود رسیده باشند (روش مثلث). به این روش راه‌اندازی پمپ اصطلاحاً روش ستاره- مثلث گفته می‌شود. در این روش نیز در لحظه راه‌اندازی پمپ، تکانه مکانیکی و هیدرولیکی نسبتاً شدیدی به بدنه پمپ، لوله و اتصالات هیدرولیکی وارد می‌شود. همچنین در لحظه توقف پمپ، به‌دلیل برگشت جریان آب به سمت پمپ، معمولاً ضربه شدیدی تمام اتصالات و خطوط انتقال آب را مرتعش می‌کند که در صورت عدم وجود شیر یک‌طرفه و یا عمل نکردن صحیح آن، باعث صدمه دیدن پمپ می‌شود. در شکل 11 نمونه‌ای از آسیب وارده به قطعات مکانیکی و اتصالات پمپ در روش راه‌اندازی ستاره- مثلث نشان داده شده است.

شکل 11- نمونه‌ای از مشکل نشتی پمپ ناشی از شوک مکانیکی در روش راه‌اندازی ستاره -مثلث (یوسف گمرکچی، 1396)

2- اصول مهم در راه‌اندازی و بهره‌برداری صحیح ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

مسائلی متنوعی همچون محدودیت‌های کیفی آب، شیوه راه‌اندازی پمپ، نحوه تعمیر و نگهداری پمپ و الکتروموتور، محدوده کارکرد مجاز پمپ، جانمایی لوله‌های مکش و رانش پمپ، تجهیزات برقی، مکانیکی و هیدرولیکی در بهره‌برداری صحیح ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی قابل طرح می‌باشد. در این مبحث بخشی از نکات فنی و عمومی که قابل بررسی توسط کشاورزان می باشد، اشاره شده است.

2-1-آنالیز کیفی آب: یکی از مهمترین موارد در بهره‌برداری درست ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، ارزیابی و تجزیه کیفی آب است. آزمایش آب از مهمترین اقداماتی است که هر بهره‌بردار بهتر است در برنامه کاری خود داشته باشد. بدون آگاهی از کیفیت آب آبیاری و محدودیت‌های مرتبط با آن، امکان بهره‌برداری درست و پایدار وجود ندارد. در این راستا پس از انجام آزمایش آب، پدیده‌های خورندگی یا رسوب‌گذاری با استفاده از شاخص‌های کیفی همانند شاخص اشباع لانژیلر (LI)، قابل بررسی است (Shankar, 2014). این شاخص مفهوم اشباع را با استفاده از pH، به عنوان یک متغیر اصلی بیان می‌کند. به عبارتی در این شاخص، pH واقعی آب و pH آب وقتی اشباع از کربنات کلسیم است، با

یکدیگر مقایسه می‌شود (Alum *et al*., 2023). اساس کار در این شاخص محاسبهpHc، اسیدیته محاسبه شده بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب با فرض اشباع بودن از کلسیت یا کربنات کلسیم است (رابطه 1).

$$pHc=p(Ca+Mg+Na+K) + p(Ca+Mg) + p(CO3+HCO3) \quad (1)$$

که در این رابطه، P(Ca+Mg+Na+K) نمایه کاتیون‌های آب، P(Ca+Mg) نمایه کلسیم و منیزیم آب و p(CO3+HCO3) نمایه کربنات و بی‌کربنات آب است (خرمیان و پاک‌نژاد، 1393).

بهترین حالت در بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ هنگامی است که آب نه باعث خورندگی لوله شود و نه باعث ایجاد رسوب در آن باشد. در حالت کلی اگر شاخص اشباع لانژیلر بزرگتر از صفر باشد، آب رسوب‌گذار و اگر شاخص کوچک‌تر از صفر باشد، آب خورنده محسوب می‌شود. حد تعادل کیفی آب بر اساس شاخص اشباع لانژیلر، در محدوده (0/05 تا 0/1-) می‌باشد (Pitts *et al*., 1990). چنانچه آب آبیاری محتوی 50 میلی‌گرم در لیتر کلسیم یا منیزیم باشد و pH آب نیز از 8 بیشتر باشد، ممکن است رسوبات کربنات کلسیم و منیزیم تشکیل شود (اکبری و همکاران، 1389).

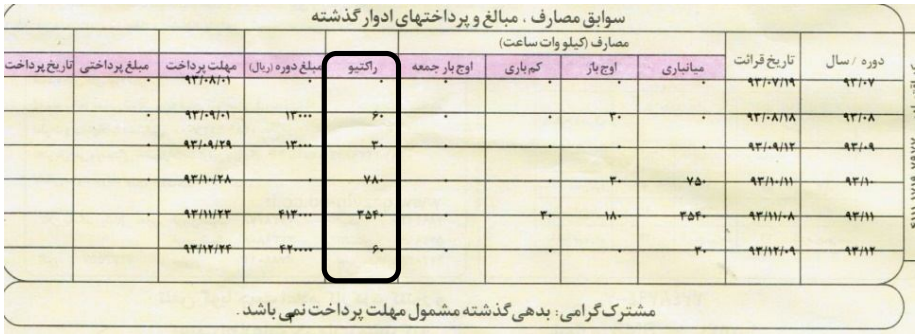
2-2-آگاهی از وضعیت آبدهی چاه: با توجه به آنکه بالاترین بازده ایستگاه پمپاژ هنگامی است که پمپ در بهترین محدوده کارکرد قرار داشته باشد، بنابراین آگاهی دقیق از میزان آبدهی چاه یکی از عوامل تاثیرگذار در بهره‌برداری صحیح ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی است. چه بسا بهره‌برداران بدون توجه به میزان آبدهی واقعی چاه و صرفاً براساس پروانه بهره‌برداری اقدام به خرید و نصب تجهیزات ایستگاه پمپاژ نموده و به دلیل عدم تناسب دبی واقعی و دبی نامی، تاسیسات ایستگاه پمپاژ در اکثر موارد بسیار هزینه‌بر شده و از سوی دیگر به دلیل عدم قرارگیری پمپ در محدوده کارکرد مجاز، بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ با مشکلات متعددی روبرو شده است. در شکل 12 نمونه‌ای از روش اندازه‌گیری دبی در محل ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی با استفاده دبی‌سنج آلتراسونیک نشان داده شده است. دبی‌سنج‌های آلتراسونیک بدون تماس با سیال، دبی را اندازه گیری می‌کنند. این دبی‌سنج‌ها می‌توانند به صورت قابل حمل جهت اندازه‌گیری دبی در لوله‌های تحت‌فشار به کار برده شوند. در این دبی‌سنج‌ها از دو حسگر استفاده شده که حسگرها بیرون لوله و در کنار

یکدیگر نصب می‌شوند. هر دو حسگر می‌توانند به صورت متناوب به عنوان فرستنده و گیرنده عمل کنند. در این روش اندازه‌گیری دبی، مدت زمانی که طول می‌کشد موج آلتراسونیک از فرستنده به گیرنده برسد، معیاری از دبی سیال داخل لوله است. به همین دلیل، این دبی‌سنج‌ها محدود به قطر منحصر به فردی از لوله نیست و می‌توان از آن در اندازه‌های مختلف قطر لوله استفاده نمود (Ren *et al.*, 2022).

شکل 12- نمونه‌ای از تجهیزات اندازه‌گیری دبی در محل ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1396)

2-3- بررسی مستمر قبض برق مصرفی به‌منظور آگاهی از وضعیت توان راکتیو:

مشترکین کشاورزی با مشاهده قبوض برق خود متوجه می‌شوند که هر دوره مبلغی به عنوان جریمه راکتیو پرداخت می‌نمایند. این جریمه به علت بالا بودن مصارف انرژی راکتیو در موتور الکتریکی است. در شکل 13 نمونه‌ای از یک قبض برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی نشان داده شده است.



سوابق مصارف ، مبالغ و پرداختهای ادوار گذشته

دوره / سال	تاریخ قرائت	مصارف (کیلووات ساعت)						مبلغ دوره (ریال)	مهلت پرداخت	مبلغ پرداختی	تاریخ پرداخت
		مبانباری	اوج باز	کم باری	اوج بار جمعه	راکتیو					
۹۳/۰۷	۹۳/۰۷/۱۹	۰	۰	۰	۰	۰		۰	۹۳/۰۸/۰۱	۰	
۹۳/۰۸	۹۳/۰۸/۱۸	۰	۳۰	۰	۰	۶۰		۱۳۰۰۰	۹۳/۰۹/۰۱	۰	
۹۳/۰۹	۹۳/۰۹/۱۲	۰	۰	۰	۰	۳۰		۱۳۰۰۰	۹۳/۰۹/۲۹	۰	
۹۳/۱۰	۹۳/۱۰/۱۱	۷۵۰	۳۰	۰	۰	۷۸۰		۰	۹۳/۱۰/۲۸	۰	
۹۳/۱۱	۹۳/۱۱/۰۸	۳۵۴۰	۱۸۰	۳۰	۰	۳۵۴۰		۴۱۳۰۰۰	۹۳/۱۱/۲۴	۰	
۹۳/۱۲	۹۳/۱۲/۰۹	۳۰	۰	۰	۰	۶۰		۴۲۰۰۰۰	۹۳/۱۲/۲۴	۰	

مشترک گرامی: بدهی گذشته مشمول مهلت پرداخت نمی باشد.

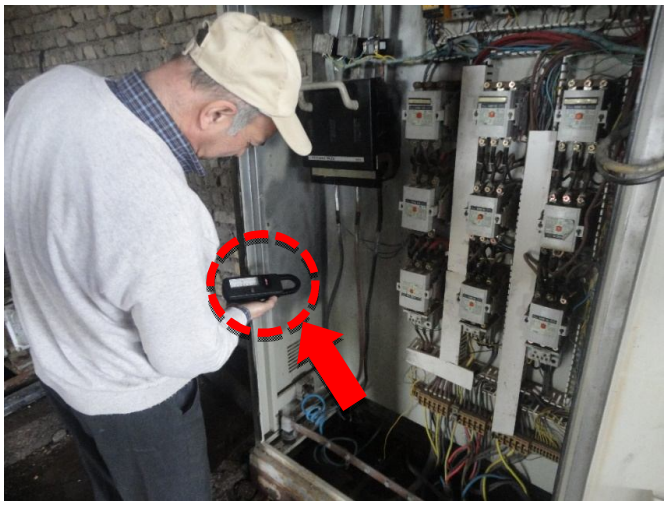
شکل 13- نمونه‌ای از محاسبه توان راکتیو در قبض برق مصرفی ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی

در جریان متناوب تمام وسائل الکتریکی بویژه الکتروموتورها علاوه بر مصرف توان اکتیو، توان راکتیو نیز مصرف می‌نمایند (یوسف‌گمرکچی و پرورش‌ریزی، 1397). توان اکتیو توانی است که به صورت دیگری از توان مانند مکانیکی، حرارتی، نوری یا صوتی تبدیل می‌شود و توان راکتیو توانی است که در تجهیزات الکتریکی (مانند الکتروموتورها) برای ایجاد میدان‌های مغناطیسی موردنیاز است و عملاً کارکرد دیگری ندارد (یوسف گمرکچی، 1399). در مصرف‌کننده‌های با قدرت بالا، توان راکتیو مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری و بهای آن از مصرف‌کننده دریافت می‌گردد. از سوی دیگر وجود قدرت راکتیو باعث گرم شدن سیم‌ها و کابل‌های انتقال برق نیز خواهد شد. لذا در راستای صرفه‌جوئی و کاهش هزینه‌های برق مصرفی و برطرف شدن مشکل یاد شده باید توان راکتیو مصرفی کاهش داده شود. برای رفع این مشکل بهره‌برداران پس از بررسی مستمر قبض برق مصرفی، در صورت وجود توان راکتیو در قبض برق باید از خازن یا بانک خازن استفاده نموده و یا در صورت وجود خازن در محل تابلو برق، می‌بایست اقدام به تعویض آن نمایند (صادقی‌خمامی و آقامحمدی،1394).

خازن‌ها تولیدکننده توان راکتیو بوده و می‌توانند توان راکتیو مورد نیاز الکتروموتور را تامین نمایند. بنابراین در ایستگاه‌های پمپاژ با توجه به تعداد الکتروپمپ‌ها و ضریب قدرت هر یک از الکتروپمپ‌ها، باید بانک خازن مورد نیاز محاسبه و نصب گردد. در شکل 14 نمونه‌ای از یک تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی تجهیز شده به بانک خازن نشان داده شده است.

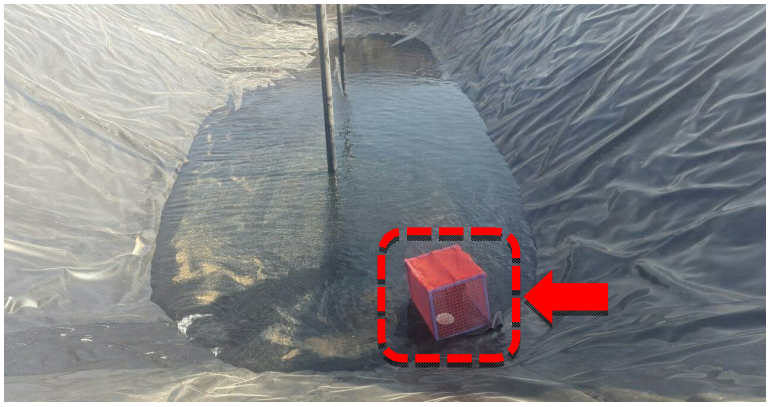
شکل 14- نمونه‌ای از تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی تجهیز شده به بانک خازن (یوسف گمرکچی، 1400)

4-2-آگاهی از وضعیت برق منطقه: در بسیاری موارد، ایستگاه پمپاژ به درستی طراحی و پیاده‌سازی شده اما به دلیل نوسانات شدید برق و یا افت ولتاژ در محل ایستگاه پمپاژ، عملکرد ایستگاه پمپاژ با مشکل روبرو شده است. عمدتاً در این مواقع به دلیل افت ولتاژ، الکتروموتور افزایش آمپر داشته و به سرعت دمای آن افزایش یافته است. همین مساله به مرور زمان موجب کاهش طول عمر بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ خواهد شد. متاسفانه بهره‌برداران ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی به مساله افت ولتاژ، کمتر توجه نموده که این امر باعث تحمیل هزینه‌های مستمر تعمیر و یا خرید الکتروموتور به بهره‌بردار می‌گردد. در صورتی که بهره‌بردار با آگاهی از میزان افت ولتاژ و نوسانات آن می‌تواند در صورت ضرورت، به نصب تجهیزات حفاظتی در محل تابلو برق، اقدام نماید (صنیع جهرمی و همکاران، 1397). در شکل 15 نمونه‌ای از آمپرمتر کلمپی جهت اندازه‌گیری ولتاژ برق در محل تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی نشان داده شده است.



شکل 15- نمونه‌ای از اندازه‌گیری ولتاژ برق در محل تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1395)

2-5-تصفیه فیزیکی اولیه آب آبیاری: یکی از آسان‌ترین و ارزان‌ترین روش‌ها برای کنترل ورود جلبک‌ها به ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، استفاده از صافی‌های مختلف است. در شکل 16 نمونه‌ای از یک صافی آشغالگیر کم‌هزینه بر روی لوله مکش پمپ نشان داده شده است. لازم به ذکر است این روش تا حدی مانع ورود جلبک‌ها به تاسیسات پمپاژ می‌شود ولی در صورت وجود حجم بالای جلبک در استخر ذخیره آب کشاورزی، بهره‌برداران می‌بایست از روش‌های دیگری به منظور کنترل رشد جلبک‌ها استفاده نمایند. به‌طور نمونه استفاده از پوشش‌های شناور یکپارچه (شکل 17)، ساختارهای سایه‌انداز بر روی استخر (شکل 18) و پوشش سطح آب با واحدهای منفصل (شکل 19)، از جمله روش‌های فیزیکی است که با ایجاد سایه بر روی سطح آب، در کنترل رشد جلبک‌ها در استخرهای ذخیره آب کشاورزی موثر می‌باشند (مظاهری و عابدی‌کوپایی، 1397).



شکل 16- نمونه‌ای از بکارگیری یک صافی آشغالگیر در استخر ذخیره آب کشاورزی (طاهری، 1398)

شکل 17- نمونه‌ای از کاربرد پوشش شناور یکپارچه در استخر ذخیره آب کشاورزی (منبع، بی نام)

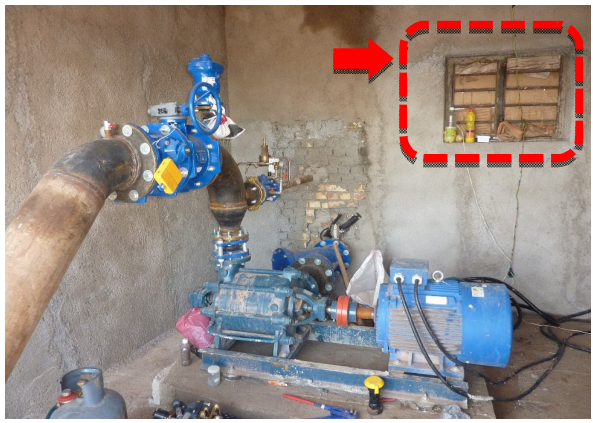
شکل 18- نمونه‌ای از کاربرد توری سایبان در استخر ذخیره آب کشاورزی (منبع، بی نام)

شکل 19- نمونه‌ای از کاربرد پوشش های منفصل (بونولیت) جهت پوشش سطح آب در استخر ذخیره آب کشاورزی (منبع، بی نام)

2-6- تصفیه شیمیایی آب: همانطور که اشاره شد بررسی امکان رسوب کربنات‌کلسیم و منیزیم و رسوبات آهن از طریق تجزیه آب و محاسبه شاخص اشباع لانژیلر انجام می‌شود. معمول‌ترین روش برای کاهش تشکیل رسوب کربنات کلسیم افزودن اسید به آب آبیاری است. اسید با بیکربنات موجود در آب ترکیب می‌شود و غلظت بیکربنات و کربنات را کاهش می‌دهد. در غیاب بیکربنات، رسوب کربنات کلسیم و منیزیم بسهولت تشکیل نخواهد شد. متداولترین اسیدهایی که برای این منظور به‌کار می‌روند، عبارتند از اسید فسفریک، اسید سولفوریک و اسید نیتریک. مقدار اسید موردنیاز و حد مطلوب اسیدیته، تابعی از کیفیت آب آبیاری، دمای آب، نوع و غلظت اسید است. نگهداشتن اسیدیته آب در حد پایین (5/5 تا 7) در از بین بردن رسوبات در آب‌های مشکل‌دار از نظر رسوب‌گذاری (شاخص اشباع لانژیلر آن بزرگتر از صفر باشد)، مؤثر است (Moussavi *et al.*, 2023). معمولاً برای نگهداری اسیدیته آب در سطح پایین، دبی اسید تزریقی باید در حدود 0/02 تا 0/2 درصد دبی آب باشد (اکبری و همکاران، 1397). به هرحال، مقدار اسید مورد استفاده نباید باعث کاهش بیش ازحد pH شود؛ زیرا pH کمتر از 5/5 باعث خوردگی جدار لوله و اتصالات فلزی خواهد شد. همچنین به‌منظور اصلاح مشکلات گرفتگی مربوط به بقایای مواد آلی نظیر باکتری‌ها، جلبک‌ها و لجن‌ها در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، می‌توان از روش کلرزنی استفاده نمود. روش‌های کلرزنی توصیه شده از نظر ترکیبات، غلظت کلر باقیمانده و فواصل کلرزنی، متفاوت است. از رایج‌ترین ترکیبات کلرزنی می‌توان به هیپوکلریت کلسیم با درجه خلوص 65 تا 75 درصد و هیپوکلریت سدیم یا وایتکس 5/25

درصد، اشـــاره نمود. هنگام اضافه شدن کلر به آب، علاوه بر ترکیب با باکتری‌ها، با سایر ناخالصی‌ها از جمله سولفیدهیدروژن، فلزات محلول (مانند آهن، منگنز و ...)، مواد آلی و سایر میکرو ارگانیسم‌ها نیز وارد واکنش می‌شود (قدمی فیروزآبادی، 1399).

2-7- بازرسی و نگهداری اصولی تاسیسات ایستگاه پمپاژ: روغن‌کاری الکتروموتورها عمر مفید آنها را افزایش داده و از سوختن موتورها به علت سفت شدن محور آنها جلوگیری می‌کند. بنابراین نگهداری و تعمیرات به موقع و بازدیدهای دوره‌ای به‌منظور افزایش بازده الکترموتورها و تجهیزات مرتبط، به بهره‌برداران توصیه می‌شود. در طراحی ایستگاه پمپاژ، علاوه بر رعایت نکات ضروری هیدرومکانیکی، رعایت ملاحظات ضروری در طراحی محوطه و اتاقک ایستگاه پمپاژ نیز ضروری است. بر این اساس محل نصب الکتروموتورها باید طوری باشد که گرمای حاصل از موتور به راحتی تهویه شود. نبود تهویه مناسب و افزایش دما در محل ساختمان ایستگاه پمپاژ، تاثیر مستقیم بر کاهش عمر کارکرد پمپ و الکتروموتور خواهد داشت. وجود دماهای بالای کاری موجب استهلاک بیشتر عایق‌های به کار رفته در الکتروموتور و در نتیجه کاهش عمر مفید آن خواهد شد و در صورت تداوم افزایش حرارت به مدت طولانی، احتمال سوختن الکتروموتور وجود خواهد داشت (فاضل و ابراهیمی ناغانی، 1398). در شکل 20 یک نمونه از نحوه تهویه نامناسب گرمای الکتروموتور به دلیل نبود تهویه هوا و کور کردن پنجره تهویه هوا در محل اتاقک ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی، نشان داده شده است.



شکل 20- نمونه‌ای از تهویه نامناسب در محل ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1394)

در اتاقک پمپاژ باید علاوه بر داشتن فضای کافی جهت سکوی پمپ و الکتروموتور، فضای خالی جهت تعمیر و نگهداری پمپها، لوله‌ها و اتصالات داخل اتاقک و تأسیسات جانبی نیز وجود داشته باشد و در صورت وجود جرثقیل سقفی، فضای کافی برای حرکت آن نیز وجود داشته باشد (فاضل و ابراهیمی ناغانی، 1398). علاوه بر آن دسترسی ساده به محل نصب پمپ، فضای لازم و روشنایی کافی برای بازبینی، نگهداری و تعمیرات پمپ، نیز می‌بایست مورد توجه بهره‌برداران قرار گیرد. بهتر است کف محل ایستگاه پمپاژ سیمان‌کاری شود تا گرد و غبار زیاد که باعث خسارت و صدمه به الکتروپمپ می‌شود، کنترل گردد (تشیعی و محمد قاسمی، 1395). اساساً سکوی پمپ باید از بتن ساخته شود و باید در مقابل وزن (بار) وارده به اندازه کافی محکم باشد. همچنین سکوی پمپ و الکتروموتور باید به صورت یک مجموعه یکپارچه ساخته شود زیرا اگر سازه‌های پایه پمپ و موتور به صورت بدنه‌های مجزا ساخته شوند، احتمال عدم هم‌محوری بین موتور و پمپ افزایش می‌یابد (فاضل و ابراهیمی ناغانی، 1398). از سوی دیگر ایستگاه پمپاژ باید در مکانی سر پوشیده قرار گیرد تا آفتاب، باد و باران و سایر عوامل جوی به آن صدمه نرساند. شکل 21 نمونه‌ای از شیوه بهره‌برداری نامناسب و نادرست ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی به دلیل عدم وجود فضای خالی جهت تعمیر و نگهداری پمپ و دسترسی مشکل به محل نصب پمپ، نشان داده شده است. در شکل 22 نیز نمونه‌ای از عدم حفاظت پمپ در مقابل باران و سکوسازی نامناسب برای پمپ و الکتروموتور، نشان داده شده است.

شکل 21- نمونه‌ای از فضای نامناسب برای دسترسی به محل نصب پمپ آب کشاورزی (یوسف گمرکچی، 1396)

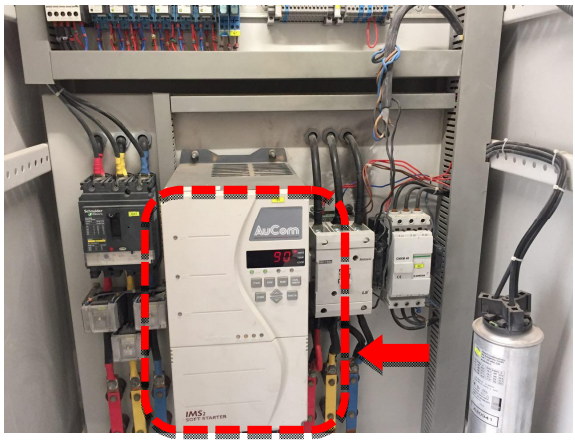
شکل 22- نمونه‌ای از عدم ایجاد مکان سرپوشیده و سکو سازی نامناسب برای پمپ و الکتروموتور(یوسف گمرکچی، 1396)

2-8- حذف یا اصلاح زاویه‌های تند لوله‌های آبرسان: حذف زاویه‌های تند لوله آب و استفاده از لوله‌ها با زوایای مناسب در خطوط انتقال آب نقش موثری در افزایش بازده ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی دارد. بر این اساس زانوها، کاهنده‌ها و دیگر اتصالاتی را که در لوله مکش و رانش پمپ ایجاد اصطکاک می‌کنند بهتر است به حداقل برسند. به‌طور کلی پمپ‌های گریز از مرکز باید هرچه نزدیک‌تر به محل مکش آب نصب شود و تا حد ممکن طول لوله مکش پمپ کوتاه باشد (فاضل و ابراهیمی ناغانی، 1398).

2-9- اصلاح روش‌های راه‌اندازی پمپ: در روش‌های راه‌اندازی نرم، موتور به آهستگی شروع بکار می‌کند و این شروع آهسته باعث حذف شوک‌های مکانیکی و الکتریکی در ایستگاه پمپاژ می‌شود. بنابراین طول عمر تجهیزات متصل به موتور بیشتر شده و سیستم در مقرون به صرفه‌ترین حالت به کار خود ادامه خواهد داد (شاهویی، 1390). بهره‌برداران برای راه‌اندازی نرم ایستگاه پمپاژ می‌بایست از یک وسیله الکترونیکی بنام راه‌انداز نرم[1] (سافت استارتر) استفاده نمایند. در این روش راه‌اندازی، الکتروموتور بصورت نرم راه‌اندازی شده و شدت جریان راه‌اندازی بصورت قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داشت. نکته حائز اهمیت آن است که در روش راه‌اندازی با سافت استارتر بعد از راه‌اندازی پمپ، دور آن ثابت و

[1] Soft Starter

غیر قابل تغییر خواهد بود. استفاده از راه‌اندازهای نرم (سافت استارترها) مزایای زیادی از جمله کم کردن جریان راه‌اندازی و همچنین امکان استفاده از عملکرد توقف نرم را در ایستگاه پمپاژ فراهم خواهد نمود. در شکل 23 نمونه‌ای از تابلو برق مجهز به سافت استارتر، در یک ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی نشان داده شده است.



شکل 23- نمائی از تابلو برق ایستگاه پمپاژ آب کشاورزی تجهیز شده به راه‌انداز نرم (یوسف گمرکچی، 1396)

علاوه بر روش راه‌اندازی نرم، روش دیگر راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ استفاده از قابلیت‌های پمپ دور متغیر در راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ است. قابلیت داشتن دورهای مختلف موتور در یک ایستگاه پمپاژ و تبدیل یک موتور دور ثابت به یک موتور با سرعت‌های دلخواه، امکان تطبیق هرچه بیشتر با شرایط مختلف بهره‌برداری در یک سامانه آبیاری را فراهم خواهد نمود (نیک‌منش و زمانی، 1386). پمپ‌های دور متغیر اغلب به‌عنوان یک جایگزین در صرفه‌جوئی مصارف انرژی در مقایسه با سایر روش‌های کنترلی جریان (شیرِ خفه‌کن و یا کنارگذر)، پیشنهاد شده است (یوسف گمرکچی، 1399). اما نکته حائز اهمیت در بهره‌برداری با پمپ دور متغیر آن است که مهمترین مزیت این روش، افزایش قابلیت برنامه‌ریزی و خودکارسازی ایستگاه پمپاژ، کاهش صدمات مکانیکی و هیدرولیکی در مقایسه با سایر روش‌های بهره‌برداری است (ناجیان، 1390) و مباحث صرفه‌جوئی انرژی، با توجه به

تعرفه‌های برق کشاورزی در درجه دوم اهمیت قرار خواهند گرفت. به طور نمونه همان‌گونه که اشاره گردید تغییر دبی مورد نیاز در اکثر پروژه‌های آبیاری در طول دوره طرح، اجتناب ناپذیر است. لذا برای تأمین دبی با انعطاف مورد نیاز، استفاده از پمپ‌های دور متغیر پاسخگویی به محدوده وسیع‌تری از نیازهای بهره‌برداری سامانه را در کنار کنترل مصارف انرژی امکان‌پذیر خواهد نمود.

3- نتیجه‌گیری کلی و توصیه‌ها

روش رایج انتقال و توزیع آب در سامانه‌های آبیاری اعم از سطحی، تحت فشار و کم فشار عمدتاً بر مبنای پیاده‌سازی ایستگاه‌های پمپاژ استوار است. هرچند مباحث بهره‌برداری این بخش از انتقال و توزیع آب در سامانه‌های آبیاری تا حدودی مورد توجه طراحان و کارشناسان بوده، لیکن کشاورزان در اغلب موارد شناخت کافی از مباحث اولیه بهره‌برداری ایستگاه پمپاژ ندارند که این امر منجر به تحمیل هزینه‌های سنگین، در طی دوره بهره‌برداری سامانه خواهد شد. نکته حائز اهمیت آن است که ایستگاه پمپاژ به‌عنوان گلوگاه یک سامانه آبیاری شناخته می‌شود به نحوی که با از کار افتادن چند روزه یک ایستگاه پمپاژ در دوره پیک بهره‌برداری سامانه آبیاری، ممکن است علاوه بر تحمیل هزینه سنگین تعمیر ایستگاه پمپاژ، خسارت زیادی به عملکرد محصول نیز وارد گردد. این امر در حالی است که امروزه با توسعه تکنولوژی در بخش آبیاری، اجزاء وابسته به آن همانند ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، دستخوش تغییر شده‌اند. ورود راه‌اندازهای نرم، پمپ‌های دور متغیر، تجهیزات خودکارسازی ایستگاه‌های پمپاژ، تجهیزات کاهش توان راکتیو، الکتروموتورهای با بازده مصرفی بالا و ... بخشی از فناوری‌هایی است که در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی در طی چند سال اخیر ورود داشته و تجربیات موفقی از بکارگیری این نوع فناوری‌ها در داخل و خارج از کشور ارائه شده است. از سوی دیگر در اغلب ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی احداث شده مشکلات متعددی مرتبط با مراحل طراحی، ساخت و بهره‌برداری وجود دارد که این امر نیازمند توسعه دانش ترویجی در بهره‌برداری اصولی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی است. هدف از نگارش این نشریه آشنایی اولیه بهره‌برداران، کارشناسان و کشاورزان با بخشی از مسائل مرتبط با ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی است.

هرچند حیطه و تنوع مسائل مرتبط با بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی در کشور ما بسیار وسیع و متنوع می‌باشد. لیکن هرگونه اقدام اصلاحی در اجزاء یک سامانه آبیاری، می‌تواند منجر به بهبود بهره‌وری آب و یا افزایش بازده مصرف انرژی در سامانه‌های آبیاری شود.

فهرست منابع

1. اکبری، م.، صدرقائن، س.ح.، دهقانی سانیچ، ح. و زارعی، ق. 1389. بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری میکرو. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. 28 صفحه.
2. اکبری، م.، باغانی، ج. و کیانی، ع. 1397. بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات بخش کنترل مرکزی سامانه‌های آبیاری میکرو. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی. 108 صفحه.
3. بهشتیان، ع.، سخایی راد، ح. و وجدانی، ن. 1387. بهره‌برداری بهینه از ایستگاه‌های پمپاژ با استفاده از راه‌اندازهای نرم (سافت استارتر) و درایوهای کنترل دور. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
4. تایبی، ا. 1398. کیفیت آب مبانی و محاسبات. دانشگاه صنعتی اصفهان. 648 صفحه.
5. تشیعی، ح.ر. و محمدقاسمی، س. 1395. راهنمای جامع بهره‌برداری از تاسیسات آب و فاضلاب. نشر مکث نظر.
6. جهانشاه، ص.، احمدی‌راد، م.ع. و حسن‌زاده خانکهدانی، ح. 1401. راهکارهای عملی پیش‌گیری و رفع گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای. حفظ و بهره وری آب. 3(5): 22-14.
7. خرمیان، م. و پاک نژاد، ع. 1393. شناخت عوامل مسدودکننده قطره‌چکان‌ها و راهکارهای رفع مشکلات در سیستم آبیاری قطره‌ای. نشریه فنی- ترویجی. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی. 20 صفحه.
8. شاهویی، ع. 1390. کاربرد VFD در صنعت آب و فاضلاب و بهینه‌سازی مصرف انرژی. کنفرانس بین‌المللی آب و فاضلاب. تهران.
9. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. 1388. خوردگی در شبکه آبرسانی. دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد، معاونت نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. 88 صفحه.

10. صادقی‌خمامی، م. و آقامحمدی، م.ر. 1394. ارزیابی اثربخشی روش‌های جبران‌سازی توان راکتیو در شبکه فشار ضعیف بر اساس دستورالعمل‌های جاری خازن‌گذاری. سی‌امین کنفرانس بین‌المللی برق. تهران، ایران.
11. صداقتی، ن. 1384. نگهداری سیستم‌های خرد آبیاری. پژوهشکده پسته. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. 30 صفحه.
12. صنیع جهرمی، ع.، کامجو، ر. و رحمانیان، م. 1397. مروری بر تجهیزات کاربردی تابلوهای برق صنعتی. چهارمین کنفرانس سراسری دانش و فناوری مهندسی مکانیک و برق، تهران، ایران.
13. فاضل، ع. و ابراهیمی ناغانی، پ. 1398. پمپ و پمپاژ کاربردی. نشر نوآور. 234 صفحه.
14. فیروزه، ی.، مجیدی، ع.، لشکری پور، غ.م. و غفوری، م. 1394. بررسی پتانسیل خورندگی خاک‌های مارنی اطراف شهر قم. دومین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی. قم، ایران.
15. قدمی فیروزآبادی، ع. 1399. دستورالعمل کلرزنی سامانه آبیاری میکرو. نشر آموزش کشاورزی. 24 صفحه.
16. مظاهری، ا. و عابدی کوپایی، ج. 1397. کاهش تبخیر از مخازن آب با استفاده از پوشش‌های شناور. تحقیقات آب و خاک ایران. 49 (3): 597-605.
17. ناجیان، م.1390. بررسی فنی و اقتصادی استفاده از سامانه دور متغیر VSD در پمپ خانه‌ها. ماهنامه تهویه تأسیسات، سال 7، شماره 10، ص: 115- 107.
18. نبوی،م و عابدی، م. 1391. ماشین‌های الکتریکی: تحلیل، بهره‌برداری، کنترل. انتشارات کارآفرینان بصیر. 664 صفحه.
19. نیک‌منش، ع. و زمانی، م. 1386. کاربرد مبدل‌های فرکانس جهت کنترل خودکار نقطه کار ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری تحت‌فشار. اولین کارگاه فنی خودکارسازی سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار. کرج، ایران.
20. یوسف‌گمرکچی، ا و پرورش‌ریزی، ع. 1397. نگرشی بر مفهوم بازده انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی. آب و توسعه پایدار. 5 (1): 29-36.
21. یوسف‌گمرکچی، ا. 1399. راهکارهای ارتقاء بهره‌وری انرژی در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار. حفظ و بهره‌وری آب. 1(1): 43-38.

22. Alum, O.L., Abugu, H.O., Onwujiogu, V.C., Ezugwu, A.L., Egbueri, J.C., Aralu, C.C., Ucheana, I.A., Okenwa, J.C., Ezeofor, C.C. and Orjiocha, S.I. 2023. Characterization of the Hydrochemistry, Scaling and Corrosivity Tendencies, and Irrigation Suitability of the Water of the Rivers Karawa and Iyiaji. Sustainability. 15, 9366.
23. Kucserka, T., Németh, G.I., Pálfi, I., Kiss, Z.L., Tombácz, E. and Galambos, I. 2023. Adsorption-Based Pretreatment of Irrigation Water to Prevent Water Quality Issues. Separations. 10, 468.
24. Manjunatha, S., Ammani Kuttan, B., Jayanthi, S., Chamkha, A., Gireesha, B.J. 2019. Heat transfer enhancement in the boundary layer flow of hybrid nanofluids due to variable viscosity and natural convection. Heliyon. 5 (4), e01469.
25. Moussavi, S.P., Kadier, A., Singh, R., Rostami, R., Ghanbari, F., Zaidi, N. S. and Nugroho, F.A. 2023. Analyses of sustainable indicators of water resources for redesigning the health promoting water delivery networks: A case study in Sahneh, Iran. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering.7, 100346.
26. Pitts, D.J., Hamman, D.Z. and Smajstrla, A.G. 1990. Causes and Prevention of Emitter Plogging in Micro-irrigation Systems. University of Florida. Bulletin: 258.
27. Ren, R., Wang, H., Sun, X. and Quan, H. 2022. Design and Implementation of an Ultrasonic Flowmeter Based on the Cross-Correlation Method. Sensors 22, 7470.
28. Shankar, B.S. 2014. Determination of scaling and corrosion tendencies of water through the use of Langelier and Ryznar indices. Scholars Journal of Engineering and Technology, 2(2):123-127.