ماشین های الکتریکی

by چاپمن · Language: FA

Summary by booksummaryai.com — https://booksummaryai.com/country/fa/ماشین-های-الکتریکی

Overview

به تفصیل مورد بحث قرار گرفته و مدل‌های مداری معادل، منحنی‌های عملکرد و روش‌های تحلیل آن‌ها تشریح می‌شود. از ترانسفورماتورها گرفته تا ماشین‌های جریان مستقیم (DC)، ماشین‌های سنکرون و ماشین‌های القایی، هر بخش چاپمن با رویکردی گام به گام و با استفاده از مثال‌های متعدد، مفاهیم پیچیده را به زبانی ساده و قابل فهم ارائه می‌دهد. این حوزه است. این کتاب به بررسی اصول عملکرد، تحلیل، طراحی و کاربردهای انواع ماشین‌های الکتریکی می‌پردازد. جی. چاپمن، یک مرجع جامع و بنیادین در زمینه ماشین‌های الکتریکی برای دانشجویان مهندسی برق و متخصصان کتاب «ماشین‌های الکتریکی» اثر استیون

جهان شناخته شده و به دانشجویان کمک می‌کند تا پایه‌های محکمی در زمینه تبدیل انرژی الکترومکانیکی بنا نهند. دلیل وضوح بیان، دقت علمی و پوشش گسترده مباحث، به عنوان یکی از منابع اصلی و پرکاربرد در دانشگاه‌های سراسر تنها نحوه کار این ماشین‌ها را درک کند، بلکه بتواند مشکلات عملی مربوط به آن‌ها را نیز تحلیل و حل نماید. این کتاب به نهفته است. نویسنده با تأکید بر مفاهیم اساسی الکترومغناطیس و مدارهای الکتریکی، خواننده را قادر می‌سازد تا نه اهمیت این کتاب در توانایی آن برای ایجاد درکی عمیق از مبانی فیزیکی و ریاضی حاکم بر عملکرد ماشین‌های الکتریکی

Key Takeaways

- اصول اساسی الکترومغناطیس و مدارهای مغناطیسی پایه و اساس درک عملکرد ماشین‌های الکتریکی هستند.
- ولتاژ و جریان در سیستم‌های قدرت ضروری بوده و مدل‌های مداری معادل آن‌ها برای تحلیل عملکرد حیاتی است. ترانسفورماتورها برای تغییر سطوح
- (DC) به دلیل کنترل آسان سرعت و گشتاور، در کاربردهای خاصی مانند کشش و صنایع سنگین اهمیت دارند. ماشین‌های جریان مستقیم
- به عنوان ژنراتورهای اصلی در نیروگاه‌ها و موتورهای با سرعت ثابت در کاربردهای صنعتی استفاده می‌شوند. ماشین‌های سنکرون
- الکتریکی در صنعت هستند و درک منحنی‌های گشتاور-سرعت آن‌ها برای انتخاب و کنترل مناسب ضروری است. ماشین‌های القایی (آسنکرون) رایج‌ترین نوع موتورهای
- مداری معادل ابزاری قدرتمند برای پیش‌بینی عملکرد ماشین‌های الکتریکی تحت شرایط مختلف عملیاتی هستند. مدل‌های
- یا گشتاور (برای موتورها) از مهم‌ترین پارامترهای ارزیابی عملکرد ماشین‌های الکتریکی محسوب می‌شوند. راندمان و تنظیم ولتاژ (برای ژنراتورها)

Chapter Summaries

مقدمه ای بر اصول ماشین های الکتریکی

ماشین‌ها و ترانسفورماتورها فراهم می‌آورد و اهمیت میدان‌های مغناطیسی در عملکرد این دستگاه‌ها را روشن می‌سازد. مغناطیسی، منحنی B-H و تلفات هیسترزیس و جریان گردابی توضیح داده می‌شوند که پایه‌ای برای درک عملکرد انواع برای القای ولتاژ، نیروی لورنتس و اصول تبدیل انرژی الکترومکانیکی مورد بررسی قرار می‌گیرند. همچنین، خواص مواد این فصل به معرفی مفاهیم بنیادی ماشین‌های الکتریکی می‌پردازد. مباحثی چون مدارهای مغناطیسی، قانون فارادی

ترانسفورماتورها

(ستاره-مثلث و غیره) به تفصیل شرح داده می‌شوند. ترانسفورماتورهای اتو و ابزار دقیق نیز مورد اشاره قرار می‌گیرند. چون تنظیم ولتاژ، بازده، تست‌های مدار باز و اتصال کوتاه، و همچنین ترانسفورماتورهای سه‌فاز و اتصالات مختلف آن‌ها ترانسفورماتورهای واقعی با در نظر گرفتن تلفات هسته و سیم‌پیچ‌ها، و مدار معادل آن‌ها بررسی می‌گردد. مباحثی فصل به طور کامل به ترانسفورماتورها اختصاص دارد. ابتدا ترانسفورماتور ایده‌آل و معادلات آن معرفی می‌شود، سپس این

مبانی ماشین‌های جریان متناوب

تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس را در این ماشین‌ها روشن می‌سازد، با تاکید بر اهمیت زاویه گشتاور. داده می‌شوند. این مباحث پایه‌ای برای درک عملکرد ژنراتورها و موتورهای سنکرون و آسنکرون فراهم می‌کند و چگونگی مغناطیسی (MMF) توسط سیم‌پیچ‌های سه‌فاز، ولتاژ القایی در سیم‌پیچ‌ها و تولید گشتاور الکترومغناطیسی توضیح اصول مشترک ماشین‌های جریان متناوب (AC) می‌پردازد. مفاهیمی مانند میدان مغناطیسی دوار، تولید نیروی محرکه این فصل به

ژنراتورهای سنکرون (آلترناتورها)

داده می‌شود که از مباحث کلیدی در بهره‌برداری از نیروگاه‌ها است. اثرات اشباع و واکنش آرمیچر نیز بررسی می‌شوند. کردن ژنراتورهای سنکرون با شبکه یا با یکدیگر، شرایط لازم برای سنکرون‌سازی و توزیع بار بین آن‌ها به تفصیل توضیح نمودارهای فازوری، تنظیم ولتاژ و اثرات بارگذاری بر عملکرد ژنراتور مورد بحث قرار می‌گیرند. همچنین، نحوه موازی این فصل به بررسی ژنراتورهای سنکرون یا آلترناتورها می‌پردازد. ساختار و اجزای اصلی، مدار معادل،

موتورهای سنکرون

در صنایع مختلف، به ویژه در مواردی که نیاز به سرعت ثابت و کنترل ضریب توان است، نیز مورد اشاره قرار می‌گیرد. از جمله منحنی‌های V (V-curves) که رابطه بین جریان آرمیچر و جریان تحریک را نشان می‌دهند. کاربردهای این موتورها یکی از ویژگی‌های مهم موتورهای سنکرون، قابلیت کنترل ضریب توان آن‌ها است که به تفصیل شرح داده می‌شود، می‌پردازد. اصول راه‌اندازی، تولید گشتاور، و چگونگی عملکرد موتور در حالت‌های مختلف بارگذاری بررسی می‌شود. این فصل به عملکرد و کاربردهای موتورهای سنکرون

موتورهای القایی سه‌فاز

لغزش و اهمیت آن در عملکرد موتورهای القایی و همچنین تست‌های موتور برای تعیین پارامترها توضیح داده می‌شود. مستقیم، ستاره-مثلث) و کنترل سرعت (مانند تغییر فرکانس و ولتاژ) نیز به تفصیل شرح داده می‌شوند. مفهوم گشتاور-سرعت و عوامل مؤثر بر آن، تلفات و بازده مورد بررسی قرار می‌گیرند. روش‌های راه‌اندازی (مانند راه‌اندازی القایی سه‌فاز می‌پردازد که پرکاربردترین موتورهای صنعتی هستند. اصول عملکرد، ساختار، مدار معادل، مشخصه این فصل به طور جامع به موتورهای

موتورهای القایی تک‌فاز

و مشخصات عملکردی هر یک مورد بحث قرار می‌گیرد. کاربردها و محدودیت‌های این موتورها نیز بررسی می‌شوند. داده می‌شود. انواع مختلف این موتورها مانند موتورهای خازنی، موتورهای با فاز شکسته و موتورهای با قطب چاکدار تک‌فاز و روش‌های مختلف برای راه‌اندازی آن‌ها، از جمله استفاده از خازن، سیم‌پیچ کمکی و قطب چاکدار، توضیح تک‌فاز می‌پردازد که در کاربردهای خانگی و صنعتی کوچک بسیار رایج هستند. مشکل عدم تولید میدان دوار در موتورهای این فصل به بررسی موتورهای القایی

مبانی ماشین‌های جریان مستقیم

برای درک عملکرد موتورها و ژنراتورهای DC فراهم می‌آورد و اهمیت تعامل میدان‌های مغناطیسی را نشان می‌دهد. و روش‌های خنثی‌سازی آن، و همچنین تولید ولتاژ و گشتاور در ماشین‌های DC بررسی می‌گردند. این مباحث پایه‌ای آرمیچر، میدان، کموتاتور و جاروبک‌ها توضیح داده می‌شوند. مفاهیمی چون کموتاسیون (جاروبک‌زنی)، واکنش آرمیچر این فصل به معرفی اصول و ساختار ماشین‌های جریان مستقیم (DC) می‌پردازد. اجزای اصلی مانند

موتورهای جریان مستقیم

می‌شوند. همچنین، راه‌اندازی و ترمز موتورهای DC نیز بررسی می‌گردد و مزایا و معایب هر نوع موتور DC بیان می‌شود. روش‌های کنترل سرعت موتورهای DC، از جمله کنترل ولتاژ آرمیچر و کنترل جریان میدان، به تفصیل شرح داده از نظر اتصالات سیم‌پیچ‌های میدان و آرمیچر، مشخصه‌های گشتاور-سرعت و کاربردهایشان مورد بحث قرار می‌گیرند. این فصل به بررسی انواع موتورهای جریان مستقیم (DC) می‌پردازد. موتورهای شنت، سری و کمپوند (ترکیبی)

ژنراتورهای جریان مستقیم

DC و کاربردهای ژنراتورهای DC در سیستم‌های قدرت، به ویژه در مواردی که نیاز به ولتاژ DC پایدار است، می‌پردازد. جبران‌سازی آن در ژنراتورها نیز توضیح داده می‌شود. این فصل به درک چگونگی تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و نحوه تولید ولتاژ در آن‌ها، مشخصه‌های ولتاژ-بار و تنظیم ولتاژ مورد بحث قرار می‌گیرند. اثر واکنش آرمیچر و روش‌های این فصل به بررسی ژنراتورهای جریان مستقیم (DC) می‌پردازد. انواع ژنراتورهای DC (شنت، سری، کمپوند)

ماشین‌های مخصوص

هر یک از این ماشین‌ها به اختصار توضیح داده می‌شوند و تفاوت‌های آن‌ها با ماشین‌های استاندارد بررسی می‌گردد. موتورهای یونیورسال (که هم با AC و هم با DC کار می‌کنند) و سروو موتورها اشاره کرد. اصول عملکرد و کاربردهای به موتورهای پله‌ای (استپر موتور) که برای کنترل دقیق موقعیت استفاده می‌شوند، موتورهای رلوکتانسی سوئیچ‌شده، الکتریکی مخصوص می‌پردازد که در کاربردهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله این ماشین‌ها می‌توان این فصل به معرفی و بررسی انواع ماشین‌های

Themes

- تبدیل انرژی الکترومکانیکی
- مدارهای مغناطیسی
- تحلیل عملکرد ماشین‌ها
- کنترل ماشین‌های الکتریکی
- سیستم‌های قدرت

Frequently Asked Questions

کتاب ماشین های الکتریکی درباره چیست؟

و مدارهای مغناطیسی را به کار می‌گیرد تا خواننده را با نحوه تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس آشنا کند. ماشین‌های DC، ماشین‌های سنکرون و ماشین‌های القایی را پوشش می‌دهد. این کتاب مفاهیم الکترومغناطیس یک کتاب درسی جامع است که اصول عملکرد، تحلیل و طراحی انواع ماشین‌های الکتریکی از جمله ترانسفورماتورها، کتاب «ماشین‌های الکتریکی» اثر چاپمن

آیا کتاب ماشین های الکتریکی ارزش خواندن دارد؟

را به یک منبع آموزشی عالی تبدیل می‌کند. این کتاب پایه‌ای محکم برای مطالعه پیشرفته‌تر در این زمینه فراهم می‌آورد. است، ارزش خواندن دارد. چاپمن به دلیل وضوح بیان، مثال‌های فراوان و تمرین‌های کاربردی شناخته شده است که آن بله، این کتاب به شدت برای دانشجویان مهندسی برق و هر کسی که به دنبال درک عمیق از مبانی ماشین‌های الکتریکی

پایان کتاب ماشین های الکتریکی چگونه است؟

جامع و ابزارهای تحلیلی است تا خواننده بتواند مفاهیم آموخته شده را در مسائل مهندسی واقعی به کار ببرد :Spoiler در مورد ماشین‌های خاص‌تر یا مقدمه‌ای بر الکترونیک قدرت و کنترل ماشین‌ها به پایان می‌رسد. هدف آن ارائه دانش .کتاب «ماشین‌های الکتریکی» یک کتاب درسی است و داستان یا پایانی به معنای روایی ندارد. معمولا با فصولی

چه کسانی باید کتاب ماشین های الکتریکی را بخوانند؟

انتقال و توزیع برق، و همچنین محققان و علاقه‌مندان به حوزه تبدیل انرژی الکترومکانیکی باید این کتاب را مطالعه کنند. کنترل و الکترونیک قدرت) در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد، مهندسان برق شاغل در صنایع مرتبط با تولید، دانشجویان رشته مهندسی برق (گرایش‌های قدرت،

چقدر طول می‌کشد تا کتاب ماشین های الکتریکی را بخوانیم؟

است بین ۸۰ تا ۱۲۰ ساعت (۴۸۰۰ تا ۷۲۰۰ دقیقه) زمان لازم باشد، بسته به پیش‌زمینه و سرعت مطالعه خواننده. و درک مفاهیم کتاب «ماشین‌های الکتریکی» نیاز به زمان قابل توجهی دارد. برای مطالعه دقیق و حل تمرینات، ممکن با توجه به ماهیت فنی و عمق مطالب، خواندن کامل

Questions & Answers

هدف اصلی کتاب "ماشین های الکتریکی" چاپمن چیست؟

و ماشین‌های القایی می‌پردازد تا دانشجویان مهندسی برق را برای طراحی و بهره‌برداری از این سیستم‌ها آماده کند. مفاهیم پایه مغناطیس شروع کرده و به تحلیل دقیق ترانسفورماتورها، ماشین‌های جریان مستقیم، ماشین‌های سنکرون جامع و بنیادین از اصول عملکرد، ساختار، تحلیل و کاربرد ماشین‌های الکتریکی است. چاپمن با رویکردی گام به گام، از هدف اصلی این کتاب ارائه یک درک

چهار نوع اصلی ماشین الکتریکی که در این کتاب مورد بحث قرار می‌گیرند کدامند؟

می‌دهند و هر کدام اصول عملکرد، ویژگی‌ها و کاربردهای منحصر به فرد خود را دارند که به تفصیل بررسی می‌شوند. ماشین‌های القایی (AC). این چهار دسته، ستون فقرات صنعت برق و سیستم‌های تبدیل انرژی الکترومکانیکی را تشکیل ماشین الکتریکی را پوشش می‌دهد: ترانسفورماتورها، ماشین‌های جریان مستقیم (DC)، ماشین‌های سنکرون (AC) و کتاب چاپمن به طور مفصل چهار نوع اصلی

کتاب چگونه عملکرد یک ترانسفورماتور را توضیح می‌دهد؟

را توسعه می‌دهد. این رویکرد به خواننده کمک می‌کند تا رفتار ترانسفورماتور را در شرایط مختلف بارگذاری درک کند. سپس با افزودن اثرات دنیای واقعی مانند تلفات هسته، تلفات مسی و راکتانس‌های نشتی، مدل مدار معادل واقعی و مفهوم القای متقابل توضیح می‌دهد. ابتدا ترانسفورماتور ایده‌آل را معرفی می‌کند که تلفات و راکتانس نشتی ندارد، کتاب چاپمن عملکرد ترانسفورماتور را با تکیه بر قانون فارادی

اهمیت مدار معادل در تحلیل ماشین‌های الکتریکی از دیدگاه کتاب چیست؟

محاسبه تلفات، بازده، و پیش‌بینی پاسخ دینامیکی را بسیار ساده‌تر و قابل فهم‌تر می‌کند و از مفاهیم کلیدی کتاب است. ساده‌تر (مقاومت، سلف، خازن) مدل‌سازی کنند. این مدل‌سازی، تحلیل عملکرد ماشین تحت شرایط مختلف عملیاتی، در تحلیل ماشین‌های الکتریکی است که به مهندسان اجازه می‌دهد رفتار پیچیده ماشین را با استفاده از عناصر مداری مدار معادل ابزاری حیاتی

کتاب چگونه بین موتورهای سنکرون و القایی تمایز قائل می‌شود؟

از طریق القا توسط میدان استاتور ایجاد می‌شود و روتور همیشه با سرعتی کمتر از سرعت سنکرون (با لغزش) می‌چرخد. دوار استاتور (سرعت سنکرون) می‌چرخد و نیاز به تحریک DC جداگانه دارد. در حالی که در موتور القایی، میدان روتور روتور و رابطه سرعت روتور با سرعت میدان دوار استاتور توضیح می‌دهد. در موتور سنکرون، روتور با سرعت میدان کتاب چاپمن تفاوت اصلی بین موتورهای سنکرون و القایی را در نحوه تولید میدان مغناطیسی

مفهوم "لغزش" در یک موتور القایی چیست و چرا اهمیت دارد؟

روتور القا نمی‌شود و موتور گشتاوری تولید نمی‌کند. لغزش همچنین نشان‌دهنده بازده موتور و میزان تلفات روتور است. اهمیت حیاتی دارد زیرا لغزش عامل ایجاد جریان در روتور و در نتیجه تولید گشتاور است. بدون لغزش، هیچ جریانی در اختلاف سرعت سنکرون میدان دوار استاتور و سرعت مکانیکی روتور به سرعت سنکرون تعریف می‌شود. این مفهوم لغزش (Slip) در موتور القایی به عنوان نسبت

کتاب چگونه اصل عملکرد یک موتور DC را شرح می‌دهد؟

روتور می‌شود. کموتاتور و جاروبک‌ها نقش کلیدی در حفظ جهت گشتاور و چرخش مداوم در یک جهت ایفا می‌کنند. با عبور جریان از سیم‌پیچ آرمیچر که در میدان مغناطیسی قطب‌ها قرار دارد، نیرویی تولید می‌شود که باعث چرخش DC را بر اساس نیروی لورنتس توضیح می‌دهد که بر سیم‌پیچ‌های حامل جریان در یک میدان مغناطیسی وارد می‌شود. کتاب چاپمن اصل عملکرد موتور

واکنش آرمیچر در ماشین‌های DC چیست و چگونه در کتاب به کاهش آن پرداخته می‌شود؟

(Compensating Windings) می‌پردازد که میدان آرمیچر را خنثی کرده و عملکرد ماشین را بهبود می‌بخشند. چاپمن به روش‌هایی برای کاهش این اثر مانند استفاده از قطب‌های کمکی (Interpoles) و سیم‌پیچ‌های جبران‌کننده قطب‌ها در ماشین‌های DC اشاره دارد. این اثر می‌تواند باعث اعوجاج میدان اصلی و تغییر نقطه خنثی شود. کتاب واکنش آرمیچر به اثر میدان مغناطیسی تولید شده توسط جریان آرمیچر بر میدان مغناطیسی اصلی

انواع اصلی تلفات در ماشین‌های الکتریکی که چاپمن به آن‌ها می‌پردازد کدامند؟

از حرکت قطعات متحرک می‌شود. درک و محاسبه این تلفات برای ارزیابی بازده و طراحی بهینه ماشین‌ها ضروری است. روتور، تلفات هسته (هیسترزیس و جریان‌های گردابی) در مواد مغناطیسی، و تلفات مکانیکی (اصطکاک و بادپیچ) ناشی به طور جامع به انواع تلفات در ماشین‌های الکتریکی می‌پردازد که شامل تلفات مسی (I^2R) در سیم‌پیچ‌های استاتور و

چاپمن

کتاب چگونه به موضوع جریان توان در ماشین‌های الکتریکی می‌پردازد؟

به توان خروجی (مکانیکی یا الکتریکی) تبدیل می‌شود. این رویکرد به درک بازده و نقاط ضعف ماشین کمک می‌کند. از طریق مراحل مختلف ماشین عبور کرده، تلفات در هر مرحله (مسی، هسته، مکانیکی) از آن کسر شده و در نهایت (Power Flow Diagrams) توضیح می‌دهد. این نمودارها نشان می‌دهند که چگونه توان ورودی (الکتریکی یا مکانیکی) کتاب چاپمن جریان توان در ماشین‌های الکتریکی را با استفاده از نمودارهای جریان توان

نقش مدار مغناطیسی در عملکرد ماشین‌های الکتریکی از نظر این کتاب چیست؟

قانون آمپر می‌پردازد و نشان می‌دهد که چگونه طراحی صحیح مدار مغناطیسی بر عملکرد و بازده ماشین تأثیر می‌گذارد. کتاب چاپمن به تحلیل مدارهای مغناطیسی با استفاده از مفاهیمی مانند نیروی محرکه مغناطیسی (MMF)، رلوکتانس و زیرا مسئول ایجاد و هدایت شار مغناطیسی است که برای تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی و بالعکس ضروری است. مدار مغناطیسی نقش اساسی در عملکرد ماشین‌های الکتریکی ایفا می‌کند،

کتاب چگونه مفهوم تنظیم ولتاژ برای یک ژنراتور سنکرون را توضیح می‌دهد؟

برای تحلیل تنظیم ولتاژ تحت بارهای مقاومتی، سلفی و خازنی استفاده می‌کند و عوامل مؤثر بر آن را بررسی می‌نماید. توانایی ژنراتور در حفظ ولتاژ خروجی پایدار تحت بارهای مختلف است. چاپمن از مدار معادل و نمودارهای فازوری ولتاژ ترمینال از حالت بی‌باری تا بار کامل، با حفظ سرعت و جریان تحریک ثابت، تعریف می‌کند. این مفهوم نشان‌دهنده کتاب چاپمن تنظیم ولتاژ ژنراتور سنکرون را به عنوان تغییر

چه کاربردهای عملی از ماشین‌های الکتریکی در کتاب برجسته شده‌اند؟

القایی در صنایع مختلف (پمپ‌ها، فن‌ها، کمپرسورها) و ژنراتورهای سنکرون در نیروگاه‌های تولید برق می‌شود. انتقال و توزیع برق، موتورهای DC در کاربردهای کنترل سرعت دقیق (مانند آسانسورها و قطارها)، موتورهای الکتریکی را در طول فصول مختلف برجسته می‌کند. این کاربردها شامل استفاده از ترانسفورماتورها در سیستم‌های کتاب چاپمن کاربردهای عملی گسترده‌ای از ماشین‌های

اهمیت تحلیل سیستم پریونیت (Per-Unit System) در این کتاب چیست؟

خطاهای ناشی از تبدیل واحدها کاهش می‌یابد و مقایسه عملکرد ماشین‌های با اندازه‌های مختلف آسان‌تر می‌شود. الکتریکی معرفی می‌شود. با تبدیل مقادیر واقعی به مقادیر بدون بعد نسبت به یک مقدار پایه، محاسبات ساده‌تر شده، در کتاب چاپمن به عنوان یک روش استاندارد و قدرتمند برای ساده‌سازی تحلیل مدارهای قدرت و ماشین‌های تحلیل سیستم پریونیت (Per-Unit System)

چالش اصلی در کارکرد موتورهای القایی در سرعت‌های پایین، طبق بحث کتاب، چیست؟

موتور منجر شود. این موضوع به ویژه در کاربردهای کنترل سرعت با درایوهای فرکانس متغیر اهمیت می‌یابد :Spoiler امر منجر به کاهش گشتاور خروجی و افزایش جریان روتور می‌شود که می‌تواند به گرم شدن بیش از حد و کاهش بازده است. در سرعت‌های پایین (لغزش بالا)، مقاومت روتور نسبت به راکتانس روتور اهمیت بیشتری پیدا می‌کند و این .چالش اصلی در کارکرد موتورهای القایی در سرعت‌های پایین، طبق بحث کتاب، کاهش شدید گشتاور و افزایش تلفات