



سازمان ملی هفت پژوهش و فناوری



دانشگاه بوعلی سینا  
دانشکده مهندسی

# بررسی عملکرد هندسه ی جدید برای پره ی توربین ساونیوس

گروه آموزشی مکانیک،  
دانشکده مهندسی،  
دانشگاه بوعلی سینا،  
همدان

- ارائه دهنده: بهاره سعیدزاده دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی دانشگاه بوعلی سینا
- استاد راهنما: جناب آقای دکتر محسن گودرزی دانشیار دانشگاه بوعلی سینا

## چکیده

امروزه استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر روز به روز در حال پیشرفت و گسترش می‌باشد. انرژی باد یک انرژی تجدید پذیر و رایگان و پاکیزه است. پیشرفت در زمینه‌ی انرژی‌های بادی منجر به پیشرفت در مولدهای برق می‌شود که به منظور استفاده از انرژی باد از توربین‌های بادی استفاده می‌شود تا توان این مولدهای برق بالاتر برود. بنابراین جهت پیشرفت در زمینه‌ی انرژی‌های بادی می‌بایست به پیشرفت در حوزه‌ی توربین‌های بادی دست یافت، برای این امر می‌بایست شناخت دقیق از توربین‌های بادی و اجزای مربوطه را داشت.

در این پژوهش به بررسی هندسه جدید پره ساونیوس و مقایسه ضریب توان آن با پره ی معمولی می پردازیم.

## مقدمه

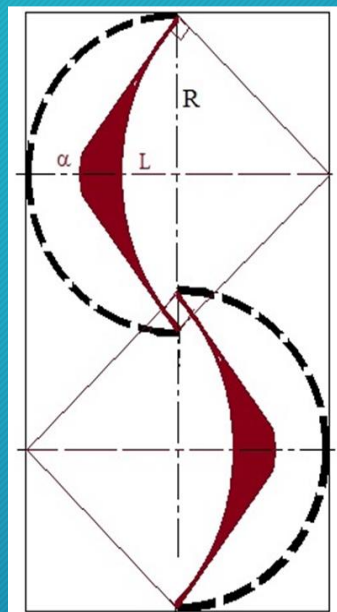
مسئله تامین انرژی از دیرباز از مسائل اساسی زندگی انسان بوده است و وی همواره سعی خود را معطوف به دستیابی به یک منبع پایدار و تمام‌نشدنی انرژی کرده است. امروزه با توجه به مشکلات سوخت‌های فسیلی، تمایل به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش یافته است. در بین این انرژی‌ها، انرژی باد یک انرژی پاک و پایدار و یکی از منابع به‌سرعت در حال گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان است. به منظور استخراج انرژی موجود در باد از توربین‌های بادی استفاده می‌شود. یکی از انواع توربین‌های بادی، توربین بادی محور عمودی ساونیوس است. این توربین در ارتفاع کم از سطح زمین و همچنین در سرعت‌های باد پایین‌تر از ۱۰ کیلومتر بر ساعت نیز قادر به تولید توان است که این توانمندی در میان توربین‌های بادی کم نظیر است. در همین راستا برای افزایش کارکرد توربین ساونیوس علاقه مندان زیادی دست به تغییر پروفیل پره ی توربین ساونیوس زده اند. این تغییرات در شکل پروفیل پره، در سال‌های اخیر، باعث افزایش درگ موافق و در نتیجه باعث افزایش کارکرد توربین ساونیوس شد. نکته حائز اهمیت این است که تغییر پروفیل پره بر عملکرد توربین تاثیرگذار است و ممکن است عملکرد آنرا نسبت به حالت توربین معمولی ساونیوس بهتر یا بدتر کند. در پروژه حاضر پروفیل تیغه‌ی نیم استوانه ای توربین ساونیوس دستخوش تغییرات قرار می‌گیرد و اثر این تغییر پروفیل بر کاهش درگ ناموافق بررسی می‌شود تا در صورت یک کارکرد مناسب از این توربین در صنعت استفاده شود.

# روش انجام تحقیق

شکل زیر، شکل دوبعدی و پارامتریک این تیغه‌ی فرضی می باشد. همان طور که در شکل زیر مشاهده می کنید با تغییر متغیرهای هندسی  $\alpha$  ,  $L$  عملکرد توربین در جهت بهینه سازی بررسی خواهد شد.

شکل خط چین، پره توربین ساونیوس معمولی است و شکل رنگی شکل پره پیشنهادی است.

$\alpha$ : زاویه‌ی بین شعاع کمان بزرگ و شعاع کمان کوچک با محور افقی که دوبرابر آن کمان‌های مارا تشکیل می دهد. (پارامتر مستقل)  
 $L$ : فاصله‌ی بین مرکز توربین ستونیوس اصلی تا مرکز کمان کوچک



کوچک

$$L=2R/3, R/2, R/3$$

$$\alpha=\pi/8, \pi/4, 3\pi/8$$

# روش انجام تحقیق



case	$L$
1-1	$\frac{2R}{3} = -0.18$
1-2	$\frac{R}{2} = -0.135$
1-3	$\frac{R}{3} = 0.09$

۱- حالت اول:

$$\alpha = \pi/8$$

case	$L$
2-1	$\frac{2R}{3} = 0.18$
2-2	$\frac{R}{2} = 0.135$
2-3	$\frac{R}{3} = 0.09$

۲- حالت دوم:

$$\alpha = \pi/4$$

# روش انجام تحقیق

case	$L$
3-1	$\frac{2R}{3} = 0.18$
3-2	$\frac{R}{2} = 0.135$
3-3	$\frac{R}{3} = 0.09$
3-4	$R = 0.27$
3-4	$\frac{3R}{2} = 0.405$

۱- حالت سوم:

$$\alpha = 3\pi/8$$

در این حالت دو مقدار دیگر برای طول  $L$  در نظر گرفتیم.

## فرضیه‌ها

- سرعت باد و در نتیجه عدد رینولدز ثابت است.
- جریان هوا تراکم ناپذیر است.
- حل عددی تابع زمان است.
- جریان مغشوش است.
- جریان دو بعدی است.

# بحث و نتیجه گیری

case	ضریب توان
1-1	0.166736
1-2	0.166808
1-3	0.153408
2-1	0.212280
2-2	0.229952
2-3	0.231856
3-1	0.251480
3-2	0.257712
3-3	0.257520
3-4	0.291970
3-5	0.215340
validation	0.267728

نتیجه می گیریم که با تغییر هندسه ی پره و با افزایش زاویه آلفا و فاصله ی بین مرکز تیغه ی ساونیوس اصلی تا مرکز کمان کوچک به تیغه ی بهینه ای دست خواهیم یافت که ضریب توان آن از ضریب توان پره ی معمولی ساونیوس بیشتر است و در وهله ی بعدی با افزایش طول L دوباره ضریب توان کاهش می یابد و این نشان می دهد ما یک هندسه ی پره ی ساونیوس بهینه دست پیدا کردیم.



## تقدیر و تشکر

بر حسب وظیفه از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر گودرزی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننموده اند؛ تشکر و قدردانی می کنم، باشد که این خردترین، بخشی از زحمات ایشان را سپاس گوید.

## منابع



- [1] A. Damak, Z. Driss, and M. S. Abid, "Experimental investigation of helical Savonius rotor with a twist of 180°," *Renewable Energy* 52, 136–142 (2013).
- [2] Song, Lei, et al. "Performance and structure optimization for a new type of vertical axis wind turbine." *Proceedings of the 2013 International Conference on Advanced Mechatronic Systems*. IEEE, 2013.
- [3] Muscoloa, Giovanni Gerardo, and Rezia Molfinob. "From Savonius to Bronzinus: a comparison among vertical wind turbines." *Energy Procedia* 50 (2014): 10-18.
- [4] Khan, Mozammel H. "Model and prototype performance characteristics of Savonius rotor windmill." *Wind Engineering* (1978): 75-85.
- [5] Tartuferi, Mariano, et al. "Enhancement of Savonius wind rotor aerodynamic performance: a computational study of new blade shapes and curtain systems." *Energy* 79 (2015): 371-384.
- [6] Mari, Michele, Mauro Venturini, and Asfaw Beyene. "A novel geometry for vertical axis wind turbines based on the savonius concept." *Journal of Energy Resources Technology* 139.6 (2017).
- [7] Sharma, Sonu, and Rajesh Kumar Sharma. "Performance improvement of Savonius rotor using multiple quarter blades—A CFD investigation." *Energy Conversion and Management* 127 (2016): 43-54.
- [8] Sharma, S., and Sharma, R. K., 2017, "CFD Investigation to Quantify the Effect of Layered Multiple Miniature Blades on the Performance of Savonius Rotor," *Energy Convers. Manage.*, 144, pp. 275–285.
- [9] Tian, Wenlong, et al. "Computational fluid dynamics prediction of a modified Savonius wind turbine with novel blade shapes." *Energies* 8.8 (2015): 7915-7929.
- [10] Raju, SP Govinda, and R. Narasimha. "A low-cost water pumping windmill using a sail type Savonius rotor." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences Section C: Engineering Sciences* 2.1 (1979): 67-82.
- [11] Fleming, P. D., and S. D. Probert. "A proposed, three-sail, savonius-type wind-rotor." *Applied Energy* 12.4 (1982): 327-331.
- [12] Reupke, P., and S. D. Probert. "Slatted-blade Savonius wind-rotors." *Applied Energy* 40.1 (1991): 65-75.
- [13] Alom, N., and U. K. Saha. "Numerical optimization of semicircular-bladed Savonius rotor using vent augmenters." *Asian Congress on Gas Turbines*, Mumbai, India, Nov. 2016.