

Hidroelektrik Generatörler Mekanik Bağlantı Elemanları

*EGEN PROJESİ - Elektrik Generatör Tasarımına Giriş
Eğitimleri*

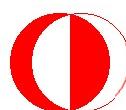
*Yer: EÜAŞ Bakım Yönetim Müdürlüğü, Toplantı Salonu
Tarih: 09.Eylül.2022*

Dr. Ögr. Üyesi Gökhan O. Özgen



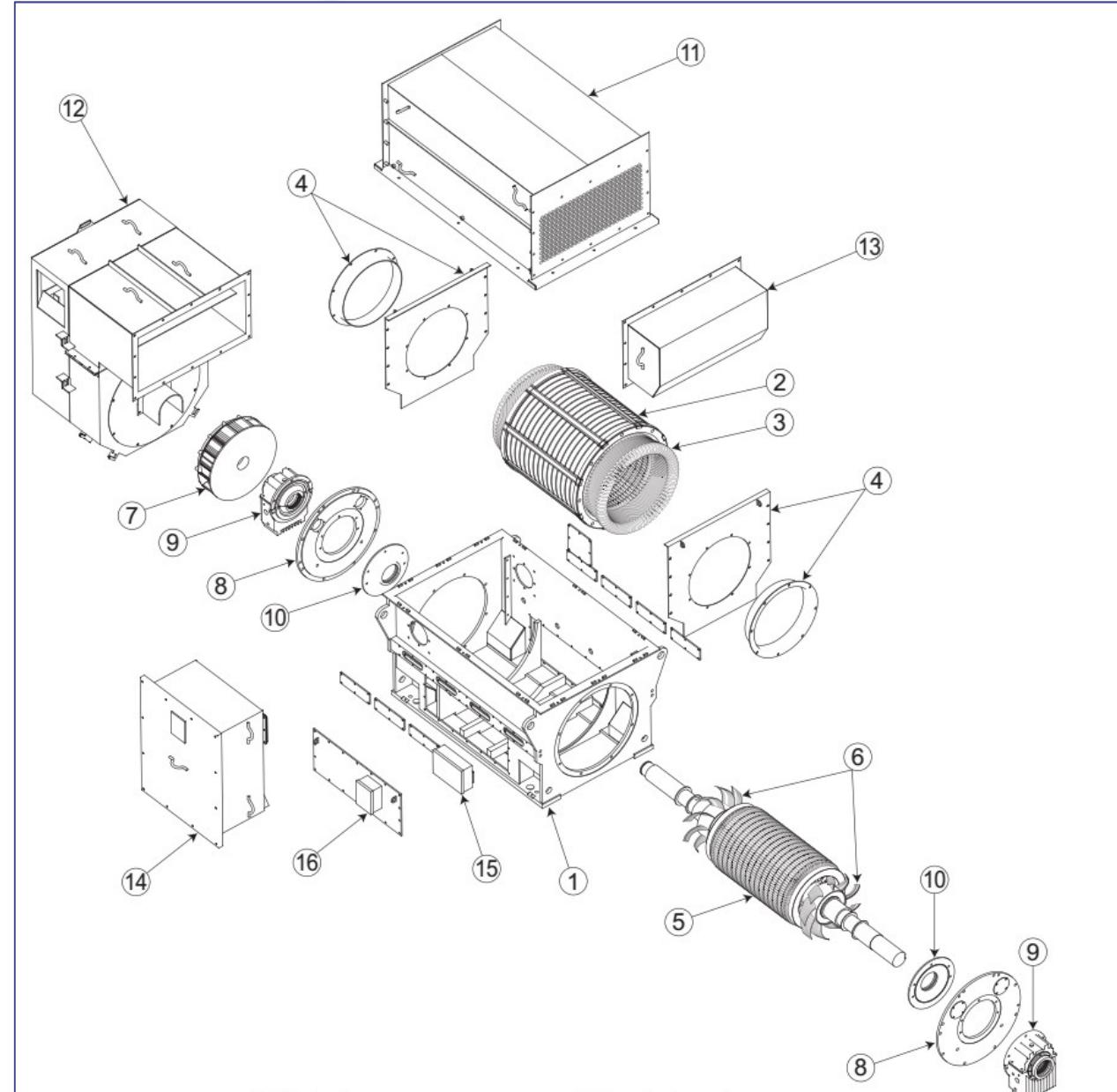
İçerik

- Giriş**
- Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri**
- Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri**

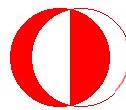


Giriş

- Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri**
 - Cıvatalı bağlantılar
 - Kaynaklı bağlantılar
 - Sıkı geçmeli bağlantılar
 - Yapıştırmalı bağlantılar
 - Şaft yatakları



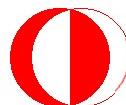
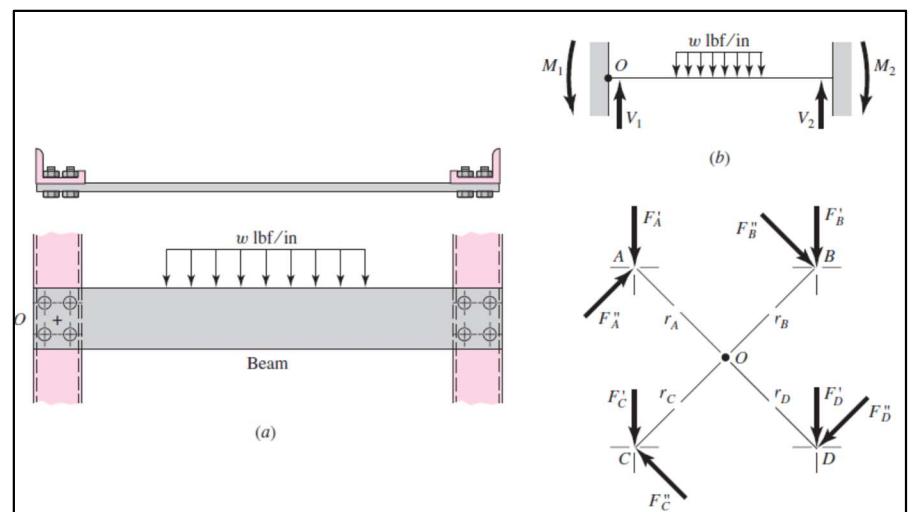
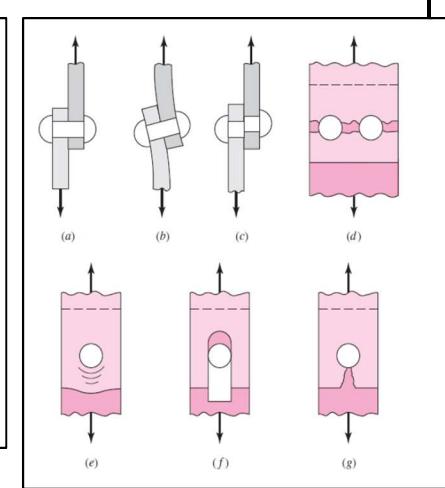
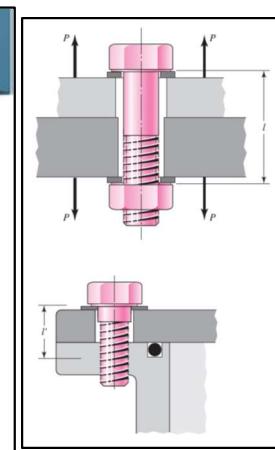
Kaynak: TMEIC tarafından üretilen MW ölçekli bir motor



Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

Cıvatalı bağlantılar

- Çekme yükleri
- Kesme yükleri
- Basit bileşen ve yükleme koşullarında cıvata yükleri
 - Statik **denge denklemleri**
- Karmaşık bileşen ve yükleme koşullarında cıvata yükleri
 - Karmaşık **geometri**
 - Mekanik, manyetik ve termal** yükler
 - Sonlu elemanlar yöntemi**

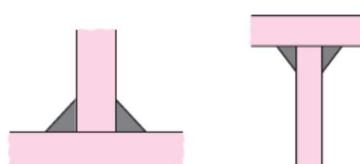


Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Kaynaklı bağlantılar

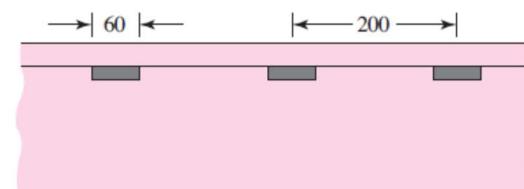
□ Kaynaklı bağlantılar



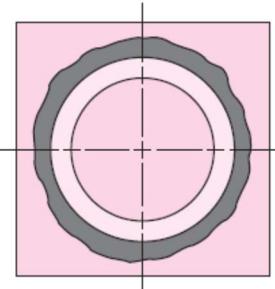
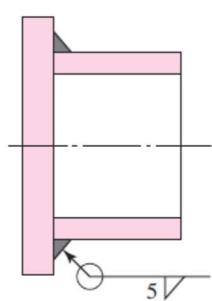
		Type of weld							
Bead	Fillet	Plug or slot	Groove					J	
			Square	V	Bevel	U			
				▽	▽	▽	▽	▽	



(a)

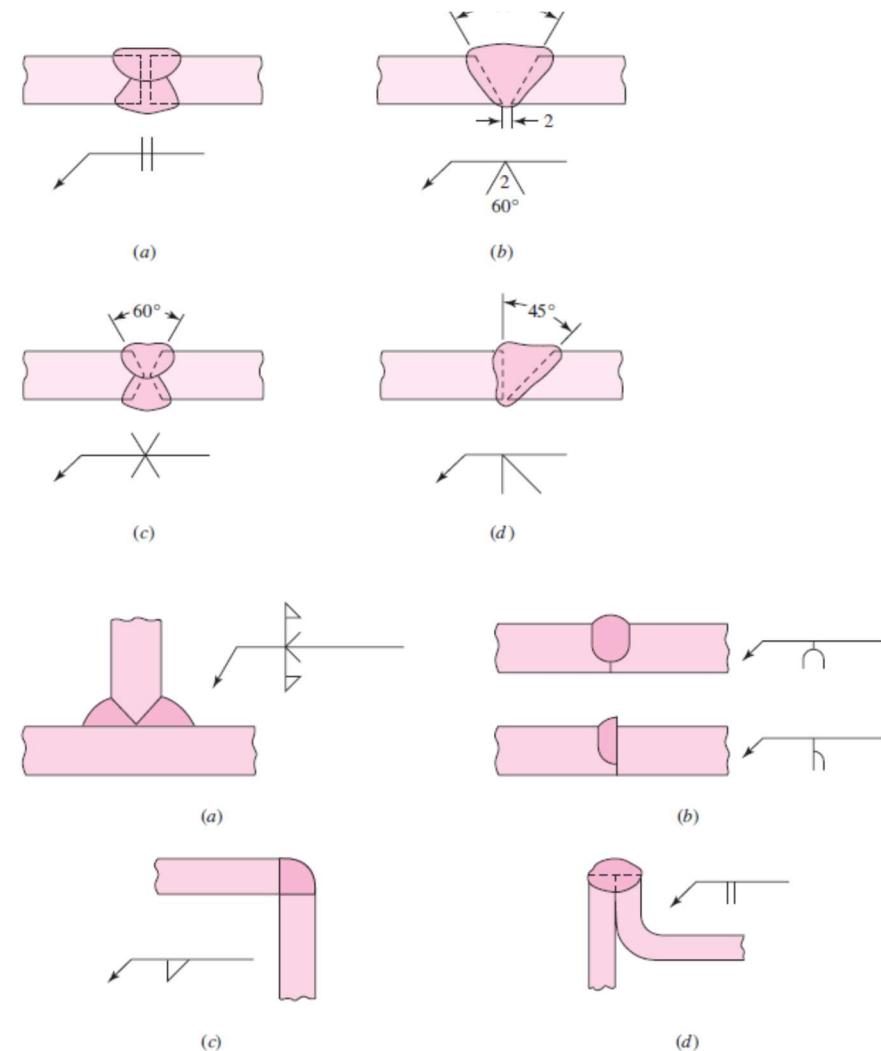
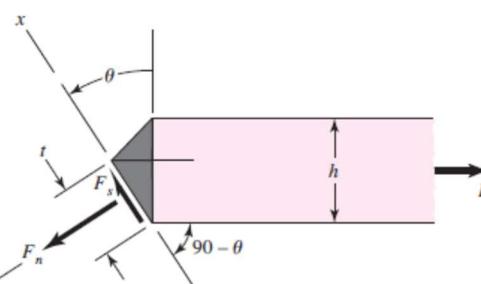
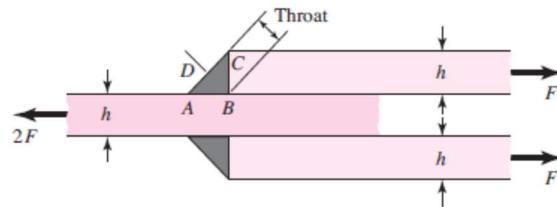
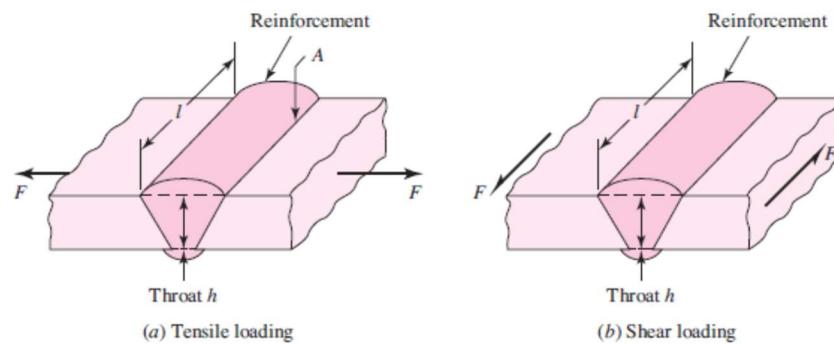


(b)

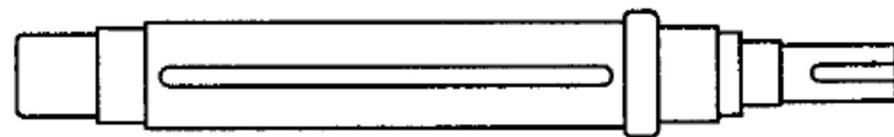


Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Kaynaklı bağlantılar

□ Kaynaklı bağlantılar



Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Sıkı geçmeli bağlantılar

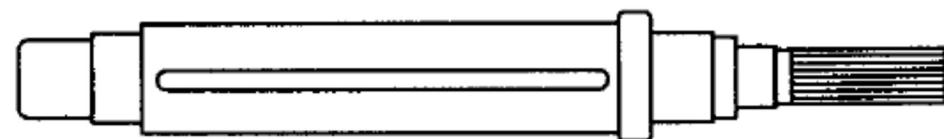


Open Driproof Shaft

- Sıkı geçmeli bağlantılar



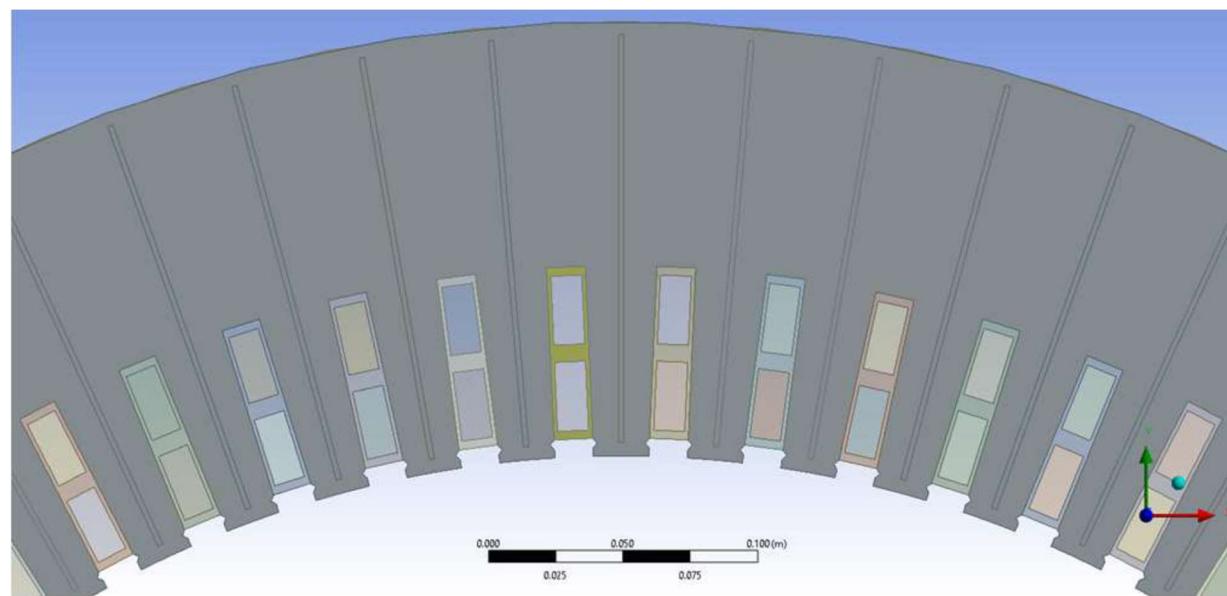
Close-Coupled Shaft for Pumps



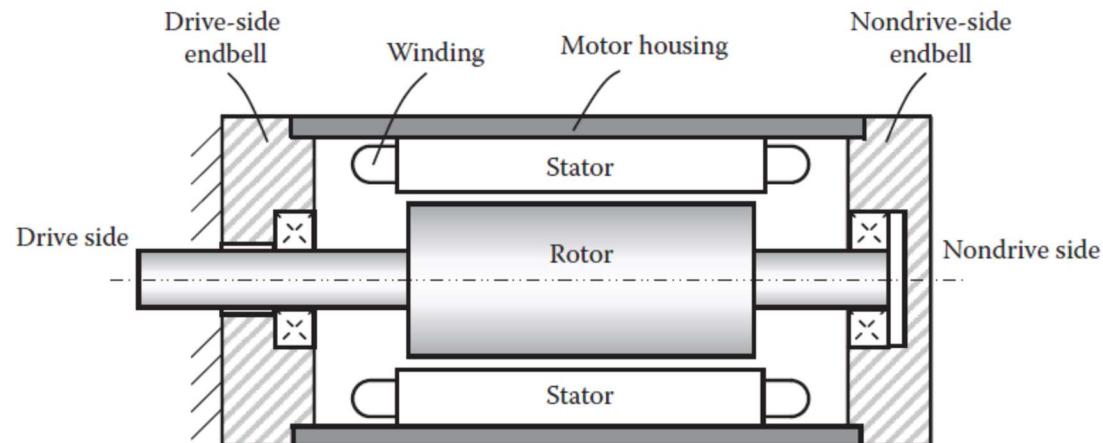
Splined or Geared Take-off Shaft

Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Yapıtırmalı bağlantılar

- Yapıtırmalı bağlantılar



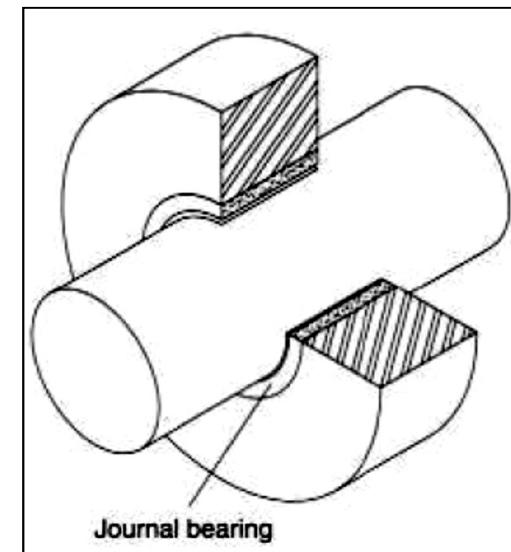
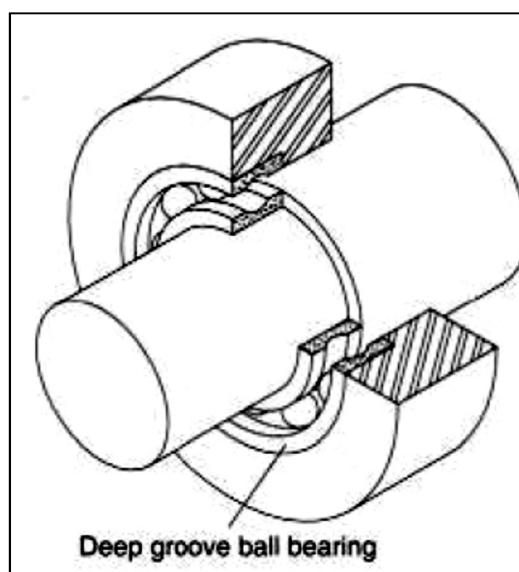
Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Mil yatakları



Kaynak: Wei Tong. Mechanical Design of Electric Motors, CRC Press, 2014

Mil yatakları

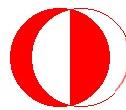
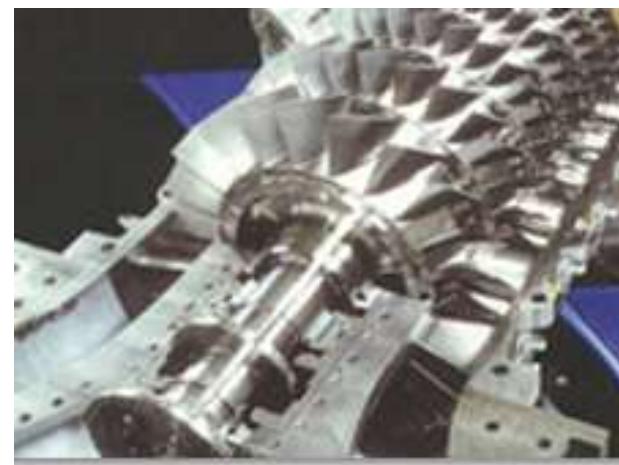
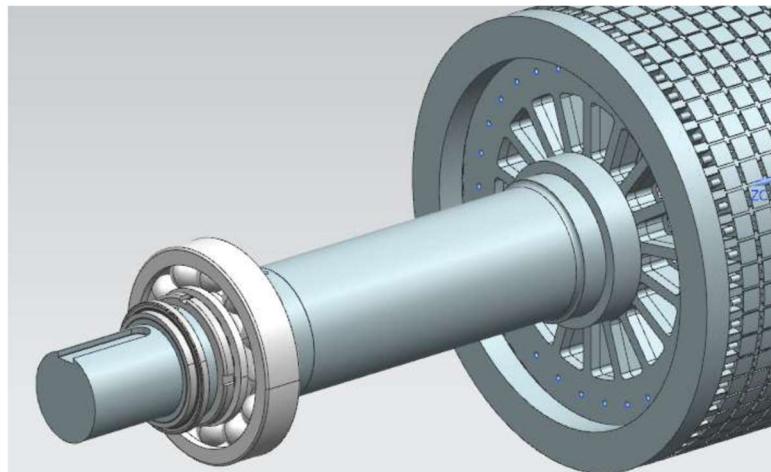
- Rulman
- Kaymali yatak



Elektrik makinelerinde kullanılan bağlantı yöntemleri: Mil yatakları

Mil yatakları

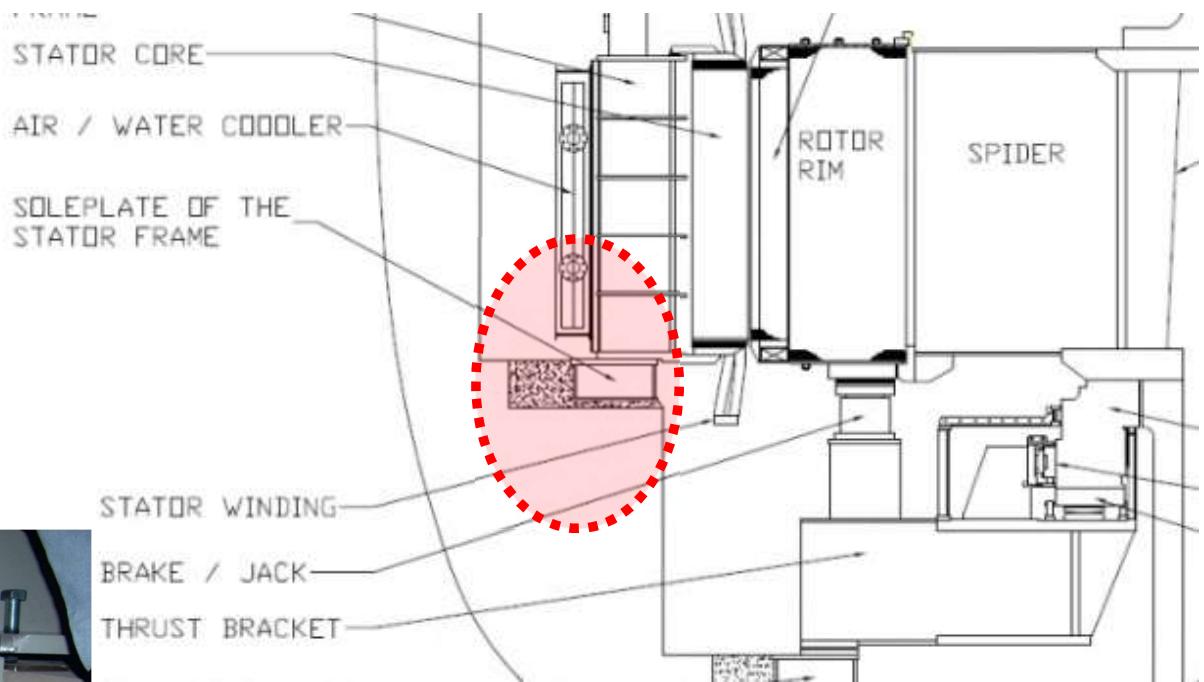
- Rulman
- Kaymалı yatak



Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

Cıvatalı bağlantılar

- Stator **karkası** ile **beton temel** arası bağlantılar
- Stator nüvesi ön yüklemesi



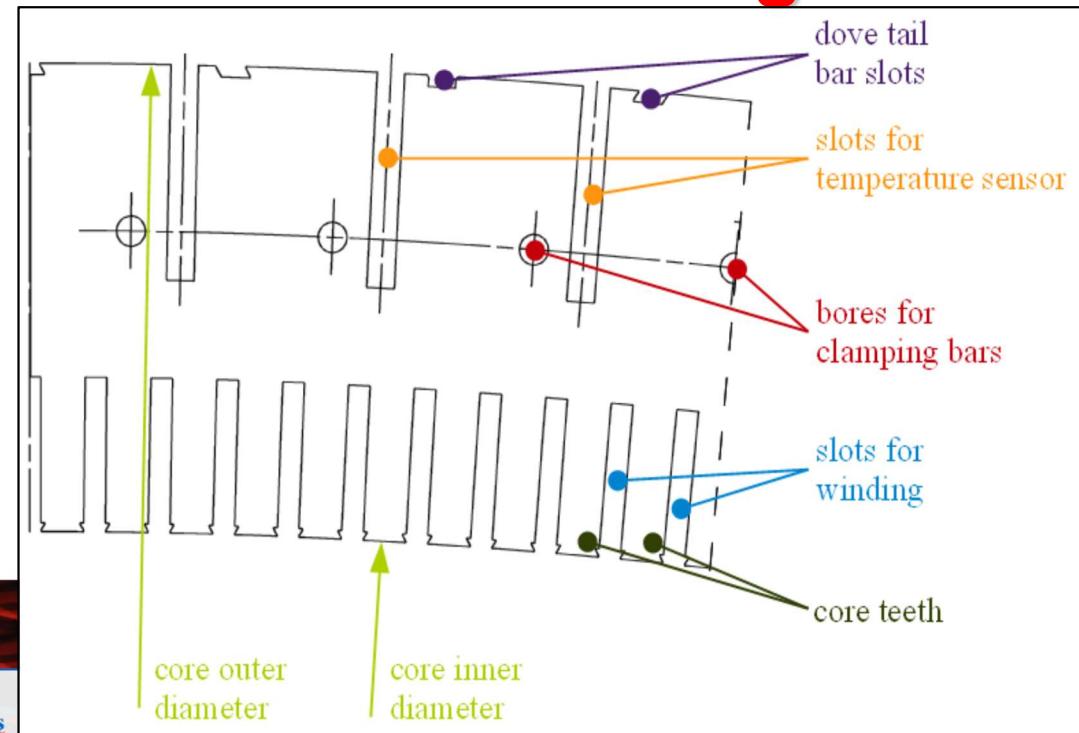
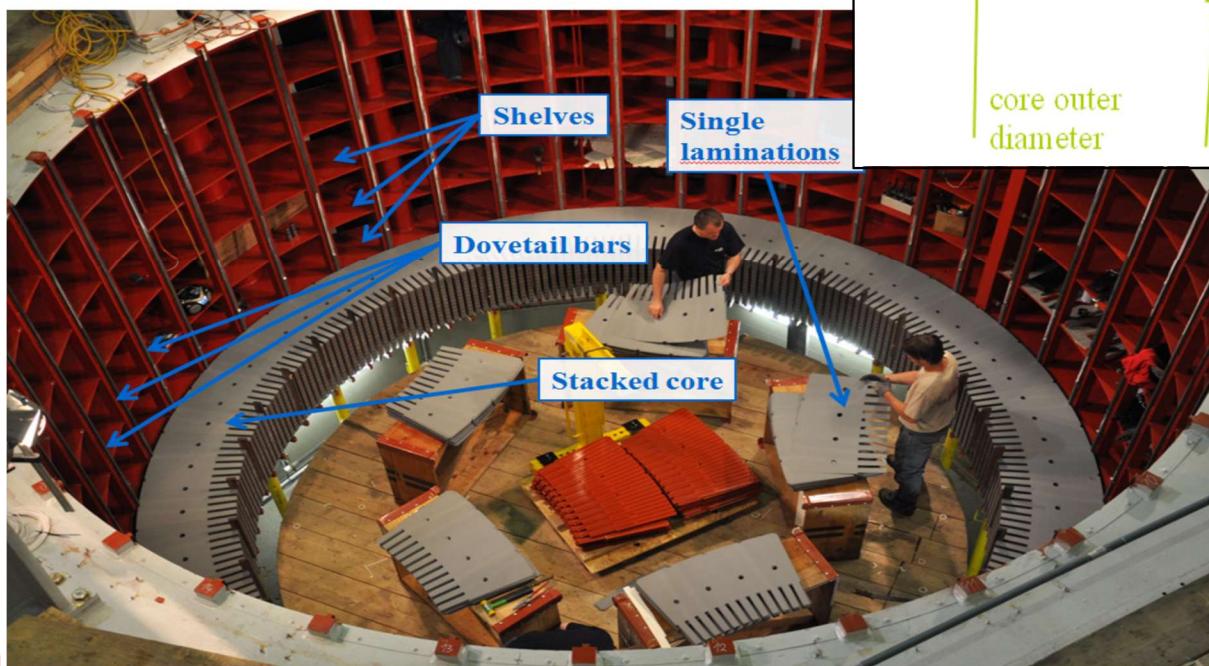
Kaynak: 1095-2012 - IEEE Guide for the Installation of Vertical Generators and Generator/Motors for Hydroelectric Applications

Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021



Hidrogeneratorlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

- Cıvatalı bağlantılar**
- Stator *karkası* ile beton *temel* arası bağlantılar
- Stator nüvesi ön yüklemesi**
 - Ön yük çubukları laminasyonun iç kısmında



Kaynak: L. Brunnader, Investigation of the Dynamic Behavior of Hydro Generators in Fault Cases, Focusing the Soleplates and Concrete Reaction Forces, Graduation Thesis, Graz University of Technology, 2012.

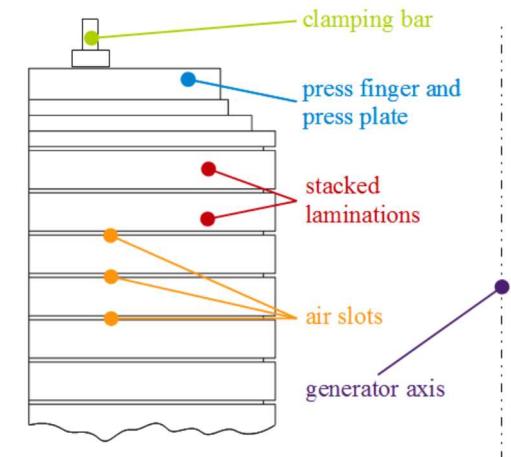
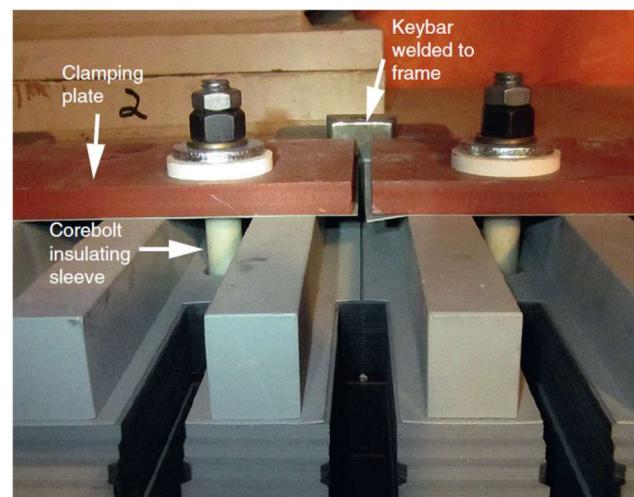
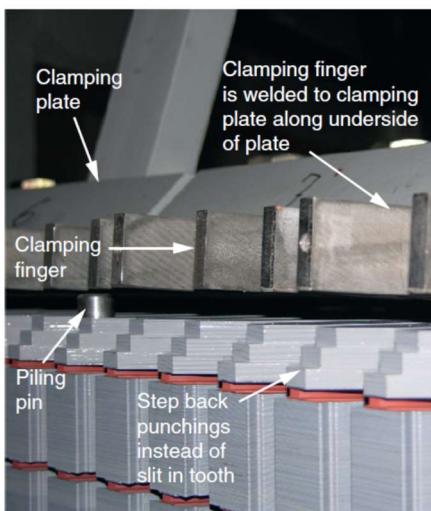
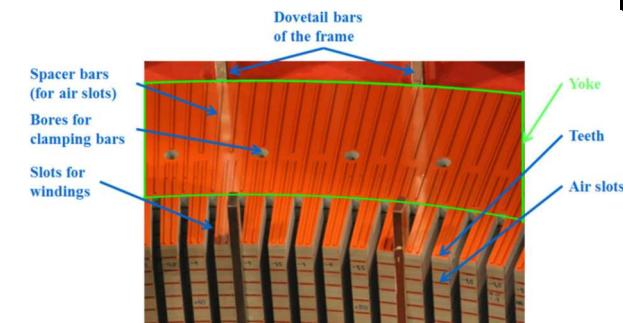
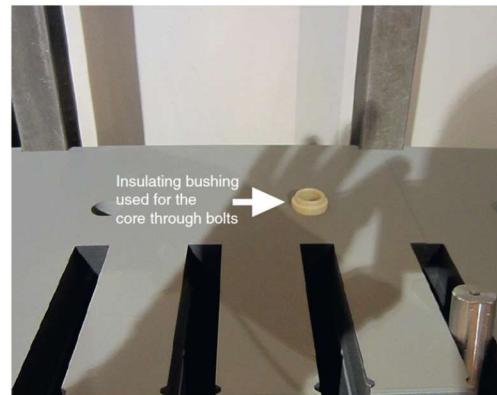
Hidrogeneratorlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

Cıvatalı bağlantılar

Stator *karkası* ile *beton temel* arası bağlantılar

Stator nüvesi ön yüklemesi

- Ön yük çubukları laminasyonun iç kısmında



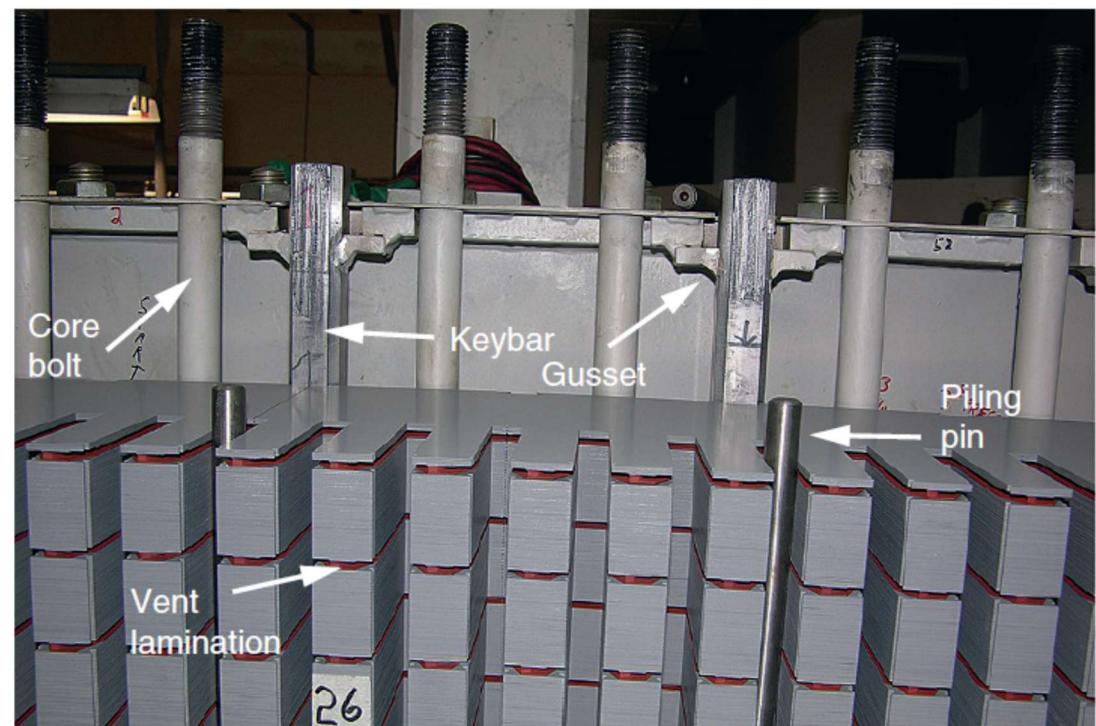
Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Kaynak: L. Brunnader, Investigation of the Dynamic Behavior of Hydro Generators in Fault Cases, Focusing the Soleplates and Concrete Reaction Forces, Graduation Thesis, Graz University of Technology, 2012.

Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

Cıvatalı bağlantılar

- Stator *karkası* ile *beton temel* arası bağlantılar
- Stator nüvesi **ön yüklemesi**
 - Ön yük çubukları laminasyonun dış kısmında



Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

□ Cıvatalı bağlantılar

- Stator *karkası* ile *beton temel* arası bağlantılar
- Stator nüvesi *ön yüklemesi*
 - Ön yük çubukları laminasyonun dış kısmında ve nüve-karkas bağlantısı olarak da kullanılıyor

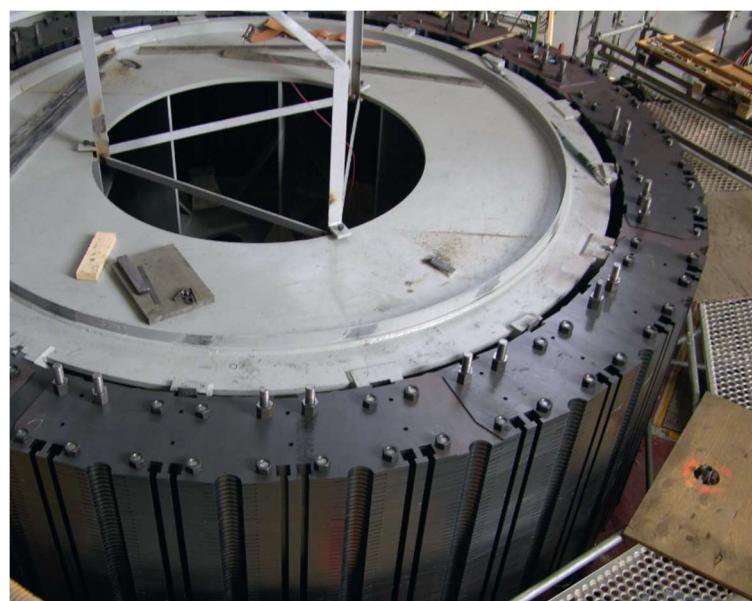


Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

Cıvatalı bağlantılar

- Stator *karkası* ile *beton temel* arası bağlantılar
- Stator nüvesi *ön yüklemesi*
- Rotor çemberi nüvesi *ön yüklemesi*

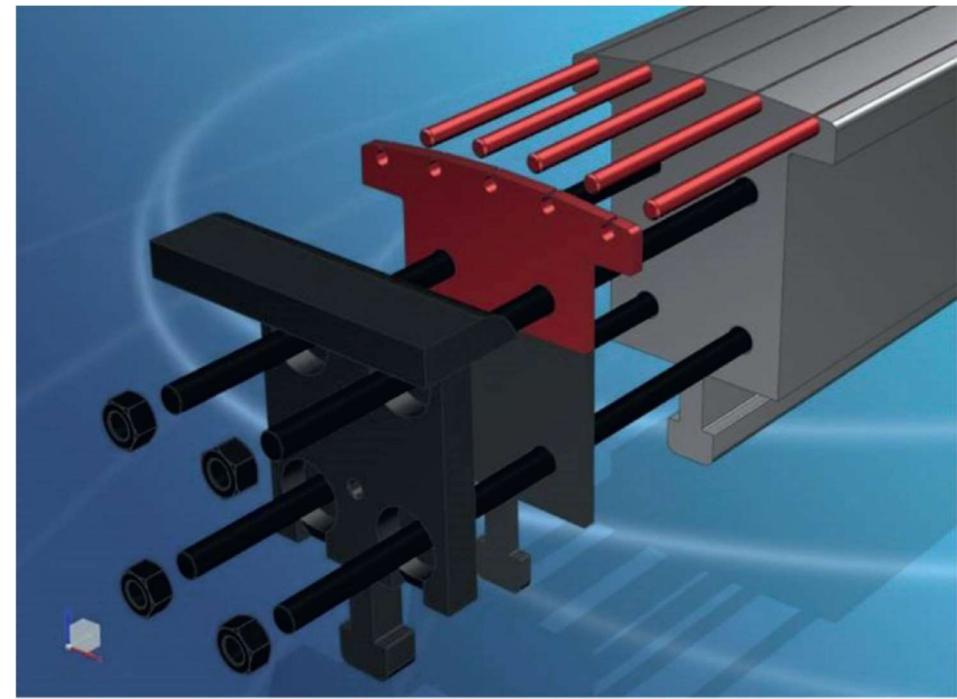


Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Cıvatalı bağlantılar

- Cıvatalı
bağlantılar**

- Stator *karkası* ile *beton temel* arası bağlantılar
- Stator nüvesi *ön yüklemesi*
- Rotor çemberi nüvesi *ön yüklemesi*
- Kutup nüvesi *ön yüklemesi*



Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

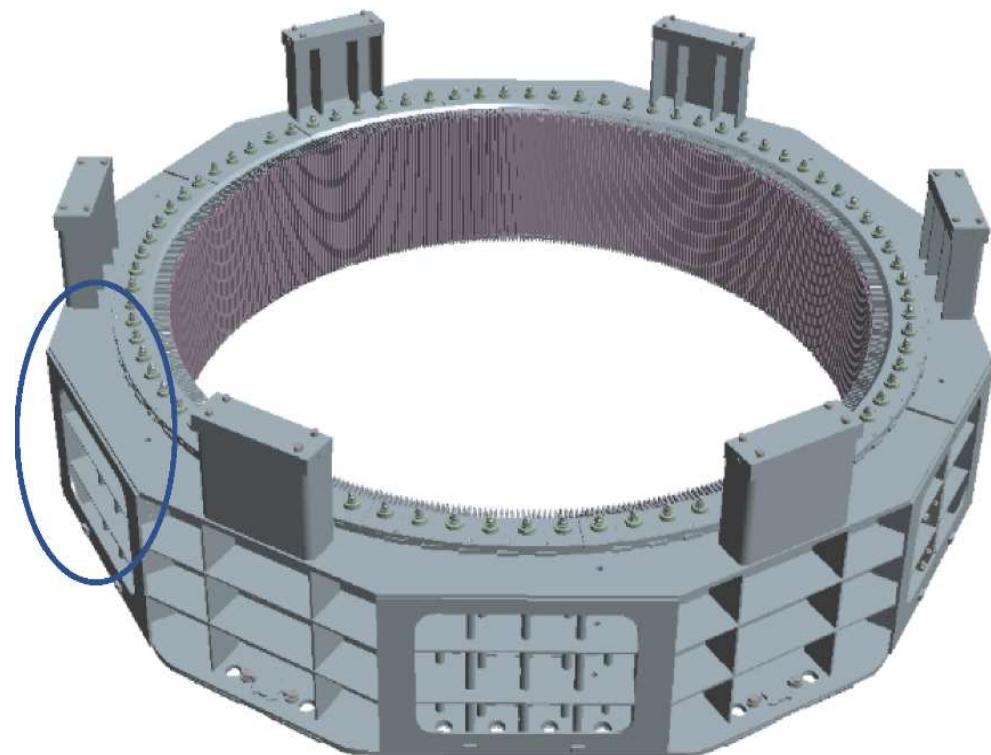
Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Kaynaklı bağlantılar

Kaynaklı bağlantılar

Stator Karkası

Nüve ayırcıları (fingers)

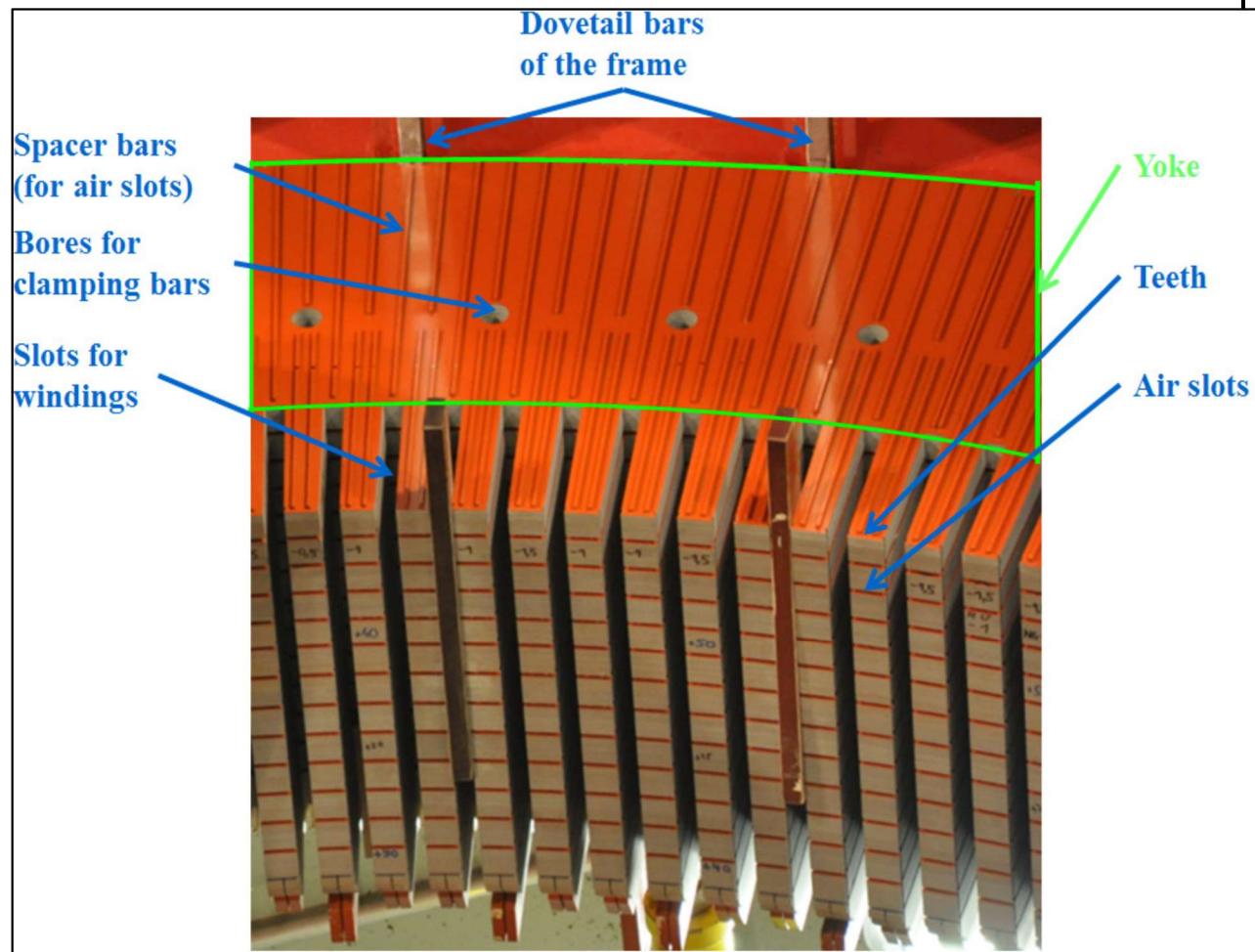
Rotor yıldızı



Kaynak: A. de Barros, A. Galai, A. Ebrahimi, B. Schwarz. Practical Modal Analysis of a Prototyped Hydrogenerator. Vibration 2021, 4(4), 853-864

Hidrogeneratorlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Kaynaklı bağlantılar

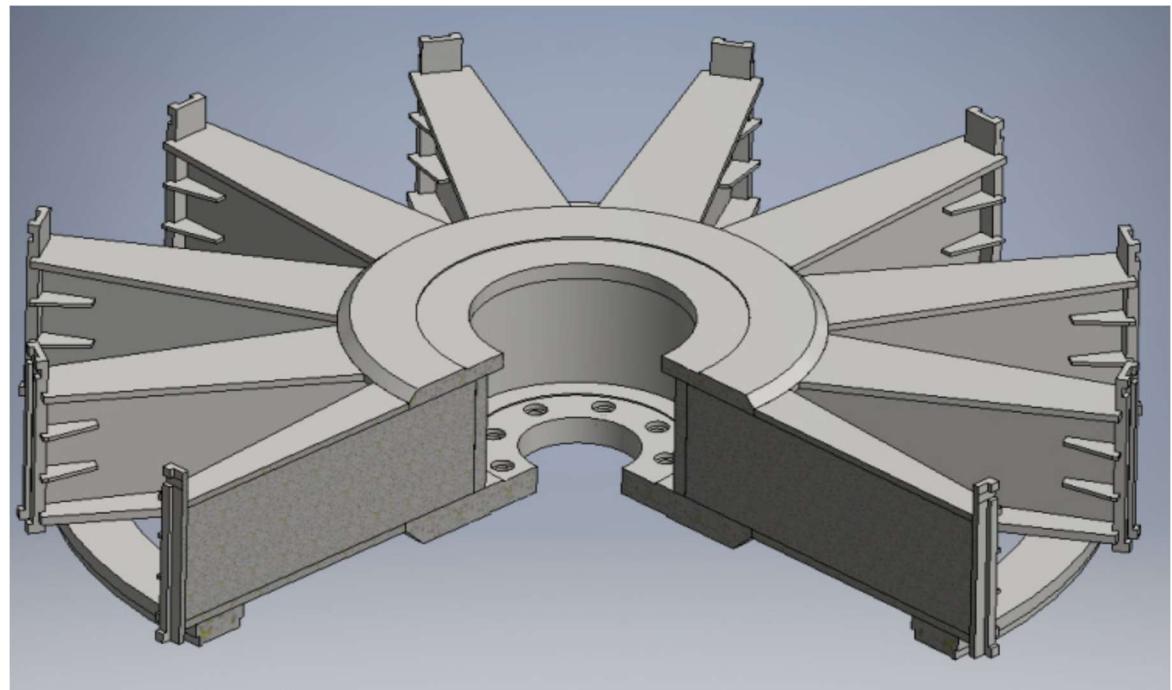
- Kaynaklı bağlantılar**
- Stator Karkası*
- Nüve ayırcıları (fingers)**
- Rotor yıldızı*



Kaynak: L. Brunnader, Investigation of the Dynamic Behavior of Hydro Generators in Fault Cases, Focusing the Soleplates and Concrete Reaction Forces, Graduation Thesis, Graz University of Technology, 2012.

Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Kaynaklı bağlantılar

- Kaynaklı bağlantılar**
- Stator Karkası*
- Nüve ayırcıları (fingers)*
- Rotor yıldızı**

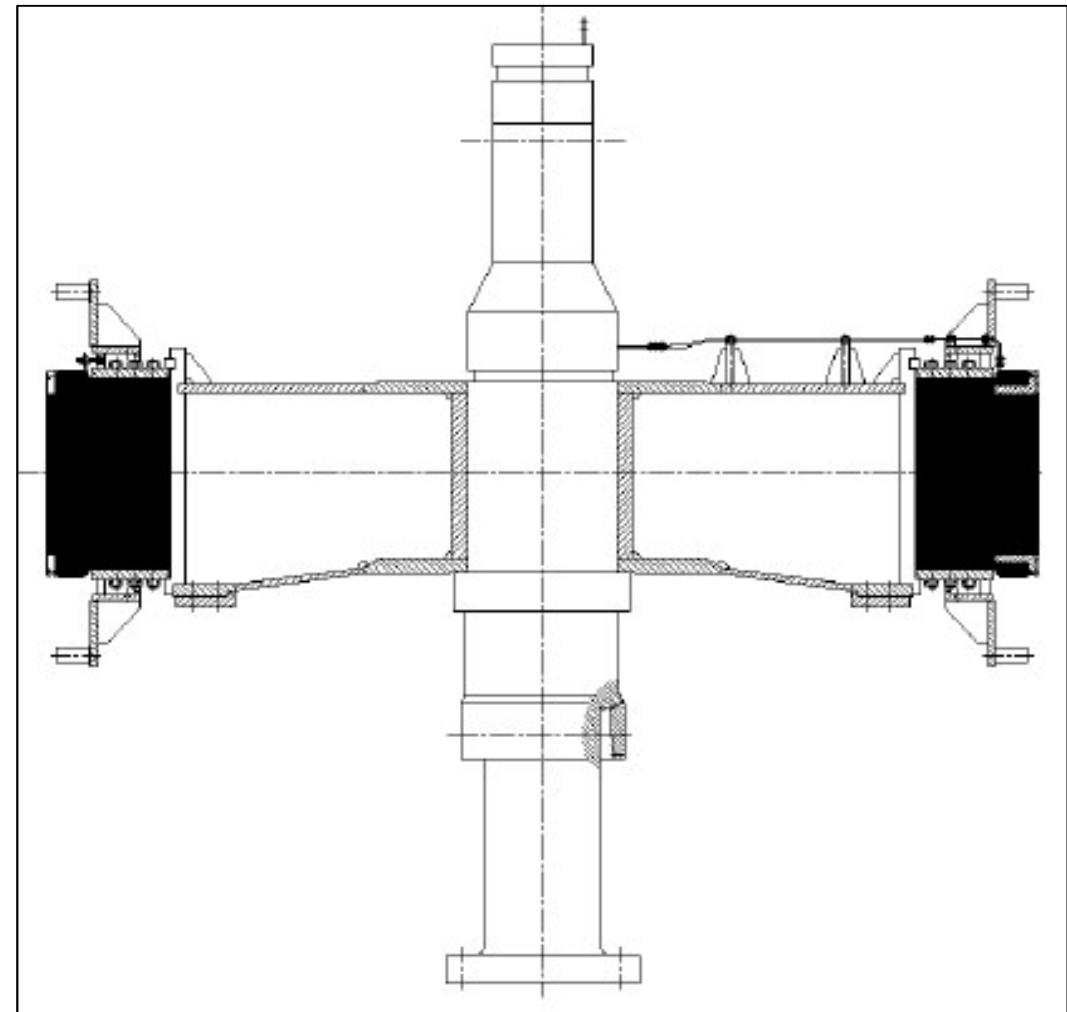


Kaynak: Putini, E.P.G., Silva, F.A. Fatigue life estimation in a hydrogenerator rotor with cracks using the finite element method. J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 40, 429 (2018).

Hidrogeneratörlerde ... bağlantı yöntemleri: Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

- Şaft-Rotor** (sıkı geçme ve kama kullanımı)
- Stator karkası-Sator nüvesi* (kırlangıç bağlantıları)
- Kutup-Rotor çemberi* (kırlangıç bağlantı, T slot bağlantı)
- Rotor çemberi-Rotor yıldızı* (örümceği) (kırlangıç bağlantı, sıkı geçme)



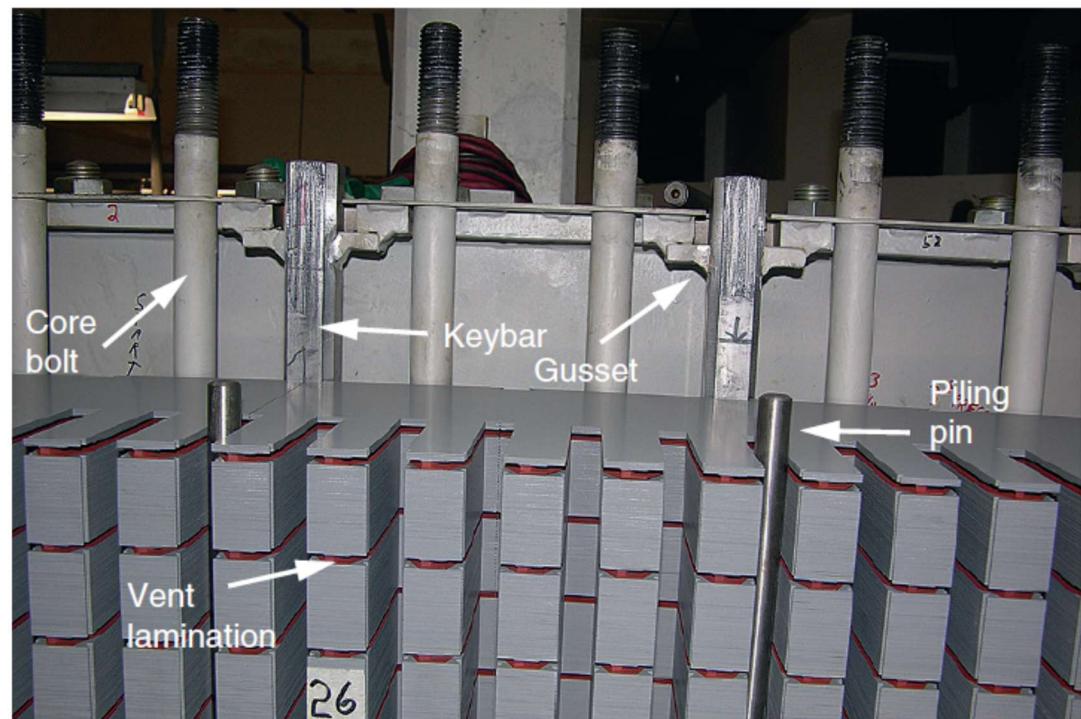
Kaynak: Vukšić, I. Triplat and D. Marjanović. Evolution Of Rotor Spider Design For Vertical Hydro-Generators. International Design Conference - Design 2016 Dubrovnik - Croatia, May 16 - 19, 2016.



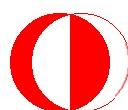
Hidrogeneratörlerde ... bağlantı yöntemleri: Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

- Şaft-Rotor* (sıkı geçme ve kama kullanımı)
- Stator karkası-Sator nüvesi* (kırlangıç bağlantılar)
- Kutup-Rotor çemberi* (kırlangıç bağlantı, T slot bağlantı)
- Rotor çemberi-Rotor yıldızı* (örümceği) (kırlangıç bağlantı, sıkı geçme)



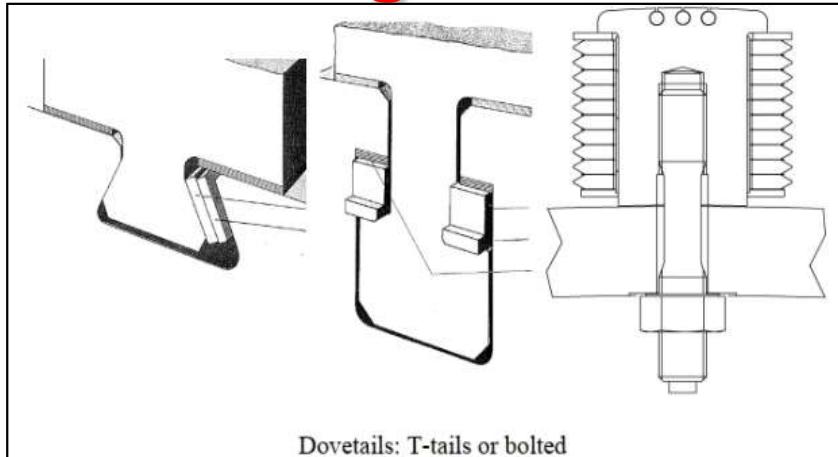
Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021



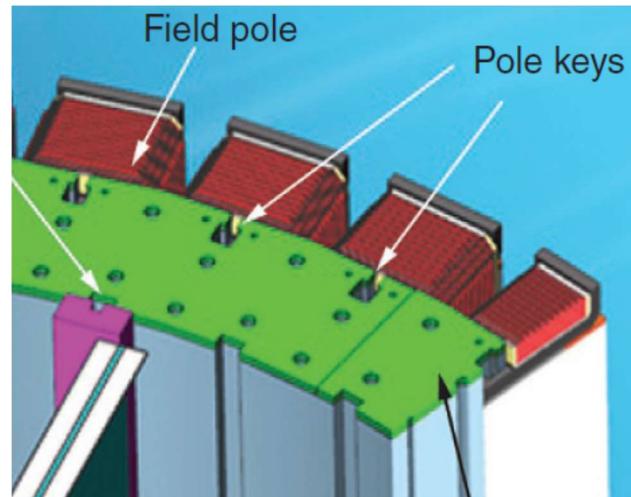
Hidrogeneratörlerde ... bağlantı yöntemleri: Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

- Şaft-Rotor* (sıkı geçme ve kama kullanımı)
- Stator karkası-Sator nüvesi* (kırlangıç bağlantılar)
- Kutup-Rotor çemberi** (kırlangıç bağlantı, T slot bağlantı)
- Rotor çemberi-Rotor yıldızı* (örümceği) (kırlangıç bağlantı, sıkı geçme)
-



Kaynak: 1095-2012 - IEEE Guide for the Installation of Vertical Generators and Generator/Motors for Hydroelectric Applications

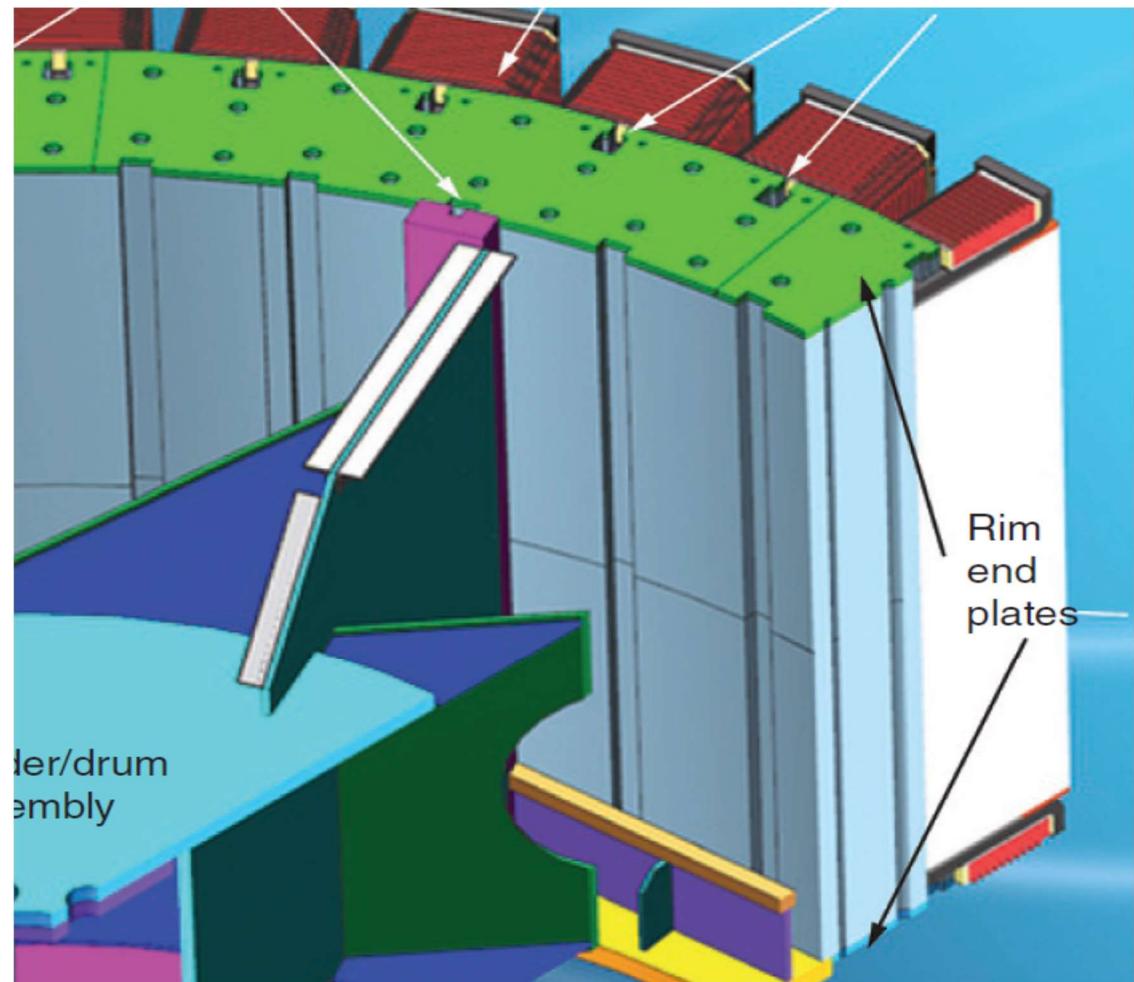


Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Hidrogeneratörlerde ... bağlantı yöntemleri: Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

Sıkı geçmeli ve kamalı bağlantılar

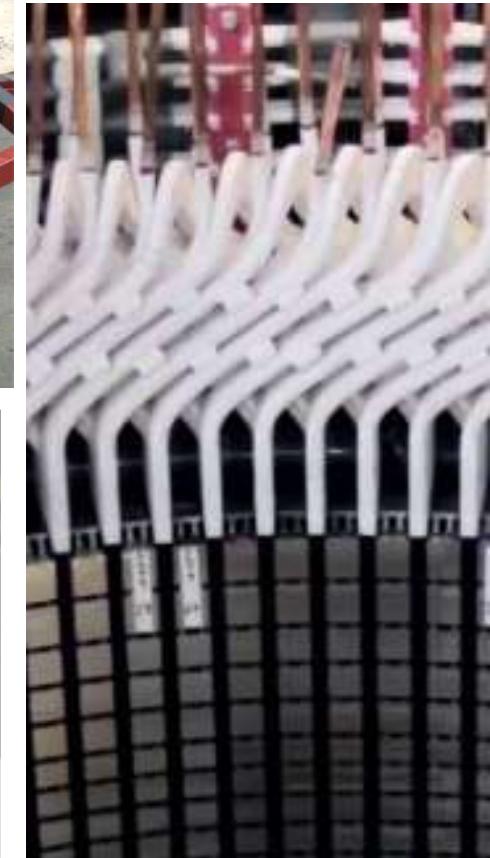
- Şaft-Rotor** (sıkı geçme ve kama kullanımı)
- Stator karkası-Sator nüvesi** (kırlangıç bağlantıları)
- Kutup-Rotor çemberi** (kırlangıç bağlantı, T slot bağlantı)
- Rotor çemberi-Rotor yıldızı** (örümceği) (kırlangıç bağlantı, sıkı geçme)



Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Hidrogeneratörlerde ... bağlantı yöntemleri: Yapıştırmalı bağlantılar

- Yapıştırmalı bağlantılar**
- Stator sargıları**
- Rotor sargıları**

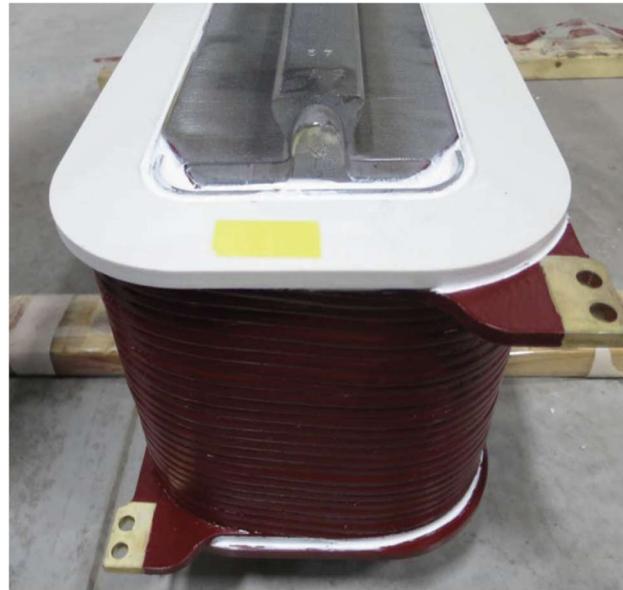


Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021

Hidrogeneratorlerde ... bağlantı yöntemleri: Yapıştırmalı bağlantılar

Yapıştırmalı bağlantılar

- Stator sargıları
- Rotor sargıları



Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021



Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Şaft yatakları

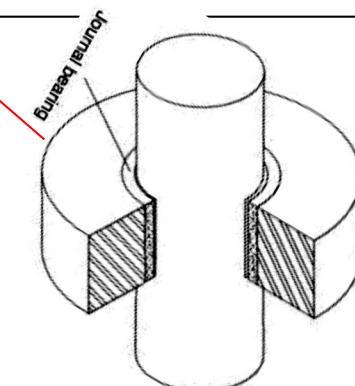
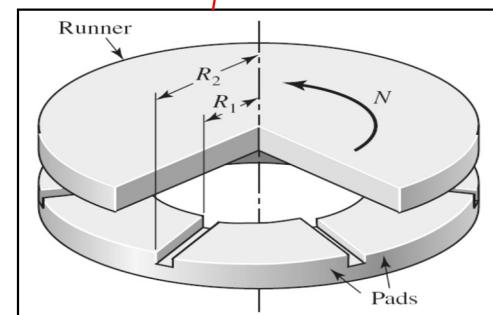
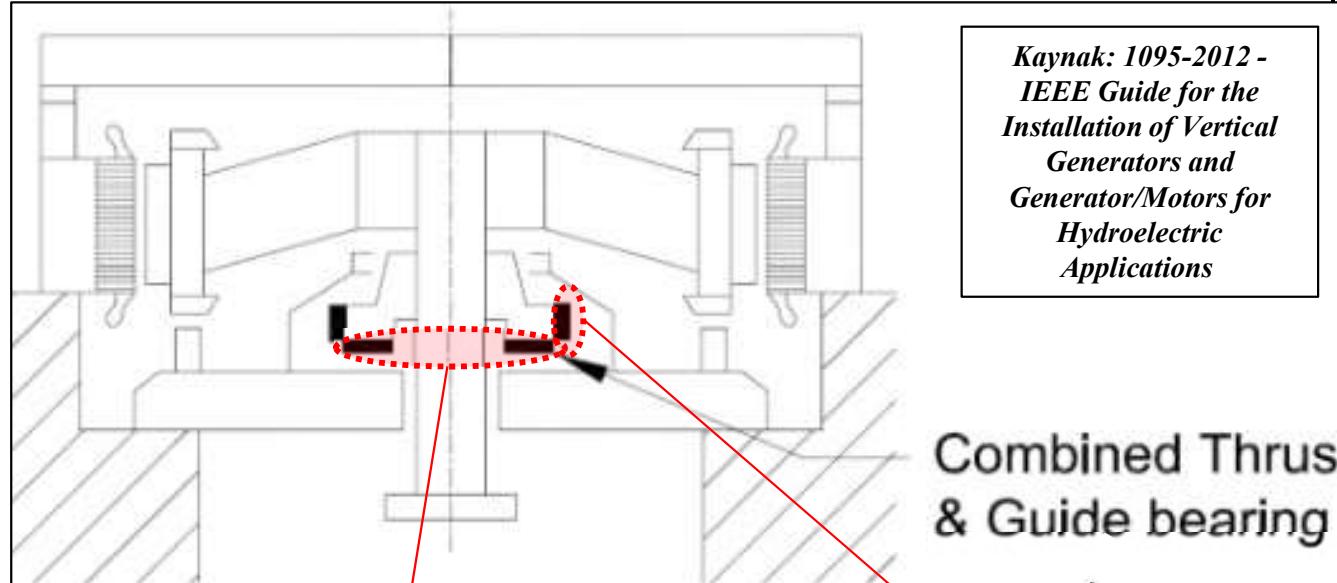
Şaft yatakları

Kaymalı yataklar

Taşıyıcı yatak (Thrust Bearing)

- Hidrodinamik yağlama etkisi kullanılır

Klavuz yatak (guide bearing, journal bearing)



Hidrogeneratörlerde kullanılan bağlantı yöntemleri: Şaft yatakları

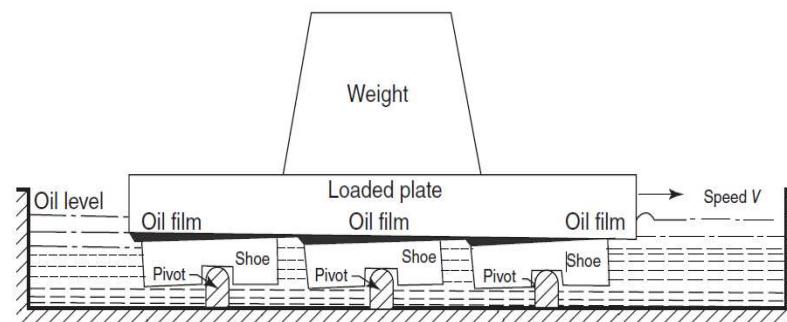
- Şaft yatakları

- Kaymalı** yataklar

- Taşıyıcı** yatak (Thrust Bearing)

- Hidrodinamik yağlama
etkisi kullanılır

- Klavuz** yatak (guide bearing, journal bearing)



Kaynak: G. Mottershead, S. Bomben, I. Kerszenbaum, G. Klempner. Handbook Of Large Hydro Generators: Operation And Maintenance. IEEE. Wiley. 2021