

## DENEY NO : 4 ZENER DİYOTLA GERİLİM REGÜLASYONU

### DENEYİN AMACI :

Zener Diyodun gerilim stabilizasyonu özelliğini öğrenmek.

### TEORİK BİLGİ :

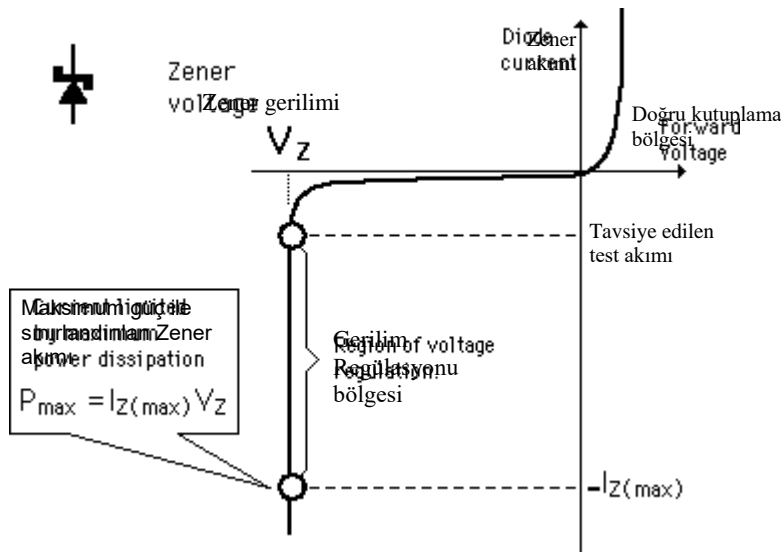
#### ZENER DİYOT VE AKIM-GERİLİM KARAKTERİSTİĞİ

Küçük sinyal diyotları, delinme gerilimine yakın değerlerde hasar görebileceğinden, bu değerlerde kullanılamazlar. Buna karşılık, Zener diyotlar delinme gerilimi civarında kullanılmak amacıyla silisyumdan yapılmış ancak özel olarak geliştirilmiş elemanlardır. **Şekil 1**'de Zener diyotun şematik sembolü görülmektedir.



Şekil 1: Zener diyot sembol ve görünüşleri

Zener diyotların; delinme, ters akım ve doğru akım bölgelerinin her üçünde de kullanılması mümkündür. **Şekil 2**'de bir Zener diyotunun I-V grafiği görülmektedir. Doğru akım bölgesinde yaklaşık 0.7 V tan itibaren sıradan bir silisyum diyot gibi akım geçirmeye başlar. Sıfır ile delinme gerilimi aralığında, düşük genlikte bir ters akım gözlenir. Zener diyotun delinme noktasında (Şekil 2'de  $V_Z$  gerilimi olarak belirtilmiştir), akım hemen hemen dikey bir formda artar. Delinme bölgesinin büyük bir bölümünde, gerilim bir  $V_Z$  değerinde sabit kalır.



Şekil 2: Zener diyotun akım-gerilim karakteristiği

Silikon diyotların içindeki katkıların miktarı ayarlamak suretiyle, 2V - 200V aralığında değişen delinme gerilimine sahip Zener diyotları üretilebilmektedir.

Bir Zener diyotun gücü, diyottan geçen akım şiddeti ile diyot üzerindeki gerilimin çarpımına eşittir. Buna göre:

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z$$

$P_Z$  değeri, nominal güçten az ise diyot delinme noktası civarında hasar görmeden görev yapar. Ticari olarak kullanılan Zener diyotların nominal güçleri 0.2W - 5W arasında değişir.

Ticari ürün kataloglarında, her Zener diyot için kabul edilebilir en yüksek akım değeri, maksimum akım ( $I_{ZM}$  veya  $I_{Z(max)}$ ) olarak ifade edilir. Maksimum akımı, nominal güç ile ilişkilendiren ifade şöyledir:

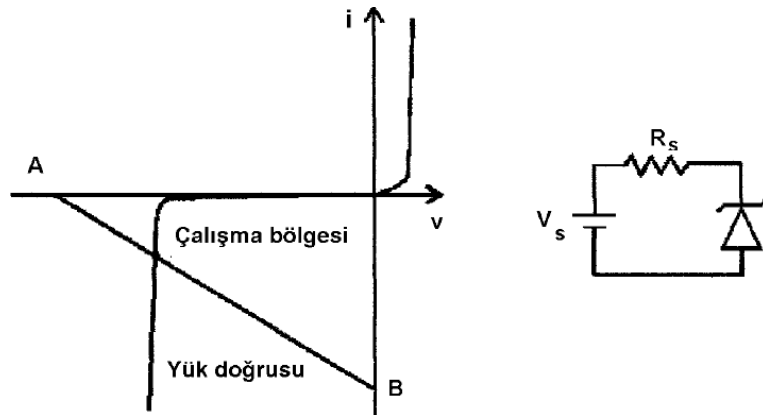
$$I_{ZM} = \frac{P_{ZM}}{V_Z}$$

$I_{ZM}$  : Zener diyot için maksimum akım şiddeti,  
 $P_{ZM}$  : Maksimum güç,  
 $V_Z$  : Zener gerilimi

Bir Zener diyotu delinme bölgesinde çalışırken geçen akım küçük bir artış gösterdiğinde, gerilim de çok az artar. Bu durum, bize Zener diyotunun az da olsa bir direncinin olduğunu gösterir. Zener diyotların direnci (buna çoğu zaman Zener empedansı denir), teknik özellikler listelerinde belirtilir. Bu direnç,  $V_Z$  geriliminin ölçülmesi için uygulanması gereken  $I_{ZR}$  test akımına karşı diyotun gösterdiği dirençtir. Zener diyotunun direnci  $R_{ZT}$  ile ifade edilir.

### Zener Diyotu ve Gerilim Regülasyonu

Zener diyot, besleme geriliminde ve yük değerindeki büyük değişimlere rağmen sabit bir çıkış gerilimi verebilen gerilim regülatörlerinin en önemli parçasıdır. Zener diyottan geçen akımın değişmesine karşılık, çıkış gerilimi hemen hemen sabit kalan Zener diyotlarına bazen *gerilim regülatörü* diyotu denir. Normal kullanımda Zener diyot, üzerinde ters polarizasyon olacak şekilde devreye bağlanır (**Şekil 3**). Ayrıca delinmenin meydana getirilmesi için  $V_S$  geriliminin  $V_Z$  delinme geriliminden büyük olması gerekir. Ancak her zaman diyotla seri olarak bağlanan bir  $R_S$  direnci kullanılmalıdır. Bu direnç diyottan geçen Zener akımını nominal akımın altında tutarak diyotun yanmasını önler. Buna dikkat edilmezse, aşırı güç harcayan her eleman gibi diyot da yanarak zarar görür.



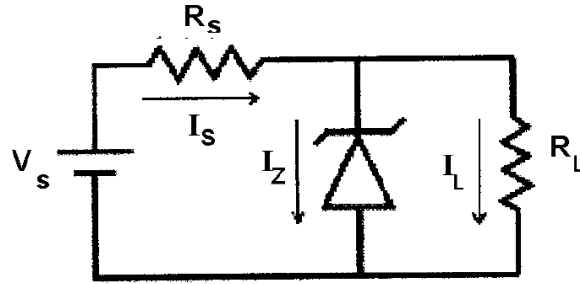
Şekil 3: Zener diyotun çalışma bölgesi

Devrede bulunan  $R_S$  direncinin gerilim değeri, gerilim kaynağın gerilimi ile Zener gerilimi arasındaki farka eşittir ( $V_{R_S} = V_S - V_Z$ ). Bu durumda  $R_S$  direncinin üzerinden geçen akım:

$$I = \frac{V_S - V_Z}{R_S}$$

*Zener diyotun çalışma noktası, yük doğrusu ile çalışma eğrisinin kesişme noktasıdır. Yük doğrusu iki nokta yardımı ile çizilir. Bu iki noktadan biri  $V_Z = 0$  iken  $I_Z$  nin ölçülmesi, diğeri ise  $I_Z = 0$  iken  $V_Z$  nin ölçülmesi ile bulunabilir. Farklı değerlikte bir kaynak gerilimi veya farklı değerlikte bir direnç ile bir yük doğrusu çizilse dahi, bulunacak Zener gerilimi buna çok yakın olacaktır. Çünkü bu aralıkta çalışma eğrisi hemen hemen dikeydir.*

**Şekil 4'**de bir yük üzerindeki gerilimi regüle eden bir Zener diyotlu devre düzeneği gösterilmiştir. Bu devrede iki tane birleşme noktası olduğundan daha önce gördüğümüz Zener devrelerinden biraz daha karmaşıktır. Ancak ana prensip aynıdır. Zener diyot, yine delinme noktasında çalışacak ve yük üzerindeki gerilimin hemen hemen sabit kalmasını sağlayacaktır.



**Şekil 4:** Yük altındaki Zener diyotlu gerilim regülatörü

### Yük Akımı

Zener diyotunun küçük direnci nedeniyle devre üzerindeki etkisi az olur. Yük üzerinden geçen akım, yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

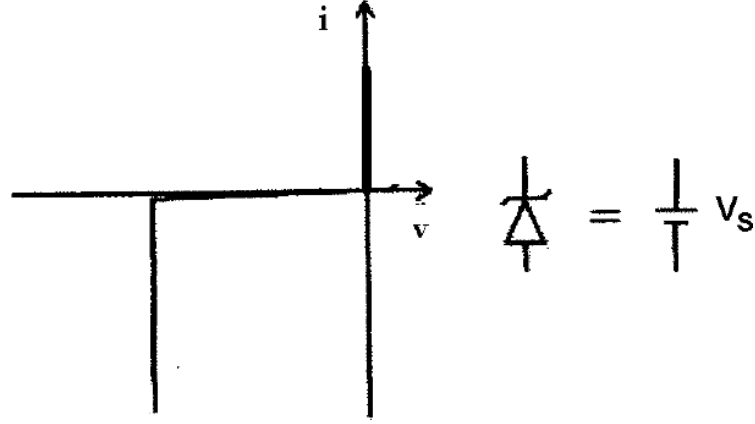
$$I_L = \frac{V_S}{R_L}$$

### Zener Diyot Akımı

$$I_Z = I_S - I_L = \frac{V_S - V_Z}{R_S} - I_L$$

### İdeal Zener Diyot Modeli

En basit yaklaşım, delinme bölgesini bir dikey hat olarak kabul etmektir. Burada Zener diyot direncinin sıfır olduğu varsayımı ile akım değişimlerine rağmen, gerilimin sabit kaldığı kabul edilir. Zener diyotun delinme bölgesindeki çalışma grafiği, idealize edilmiş olarak Şekil 5’de gösterilmiştir. Burada Zener diyotun bir batarya gibi çalıştığı görülmektedir. Bu demektir ki, delinme bölgesinde çalışan bir Zener diyotun yerine,  $V_Z$  değerlikli bir güç kaynağı bağlanabilir.



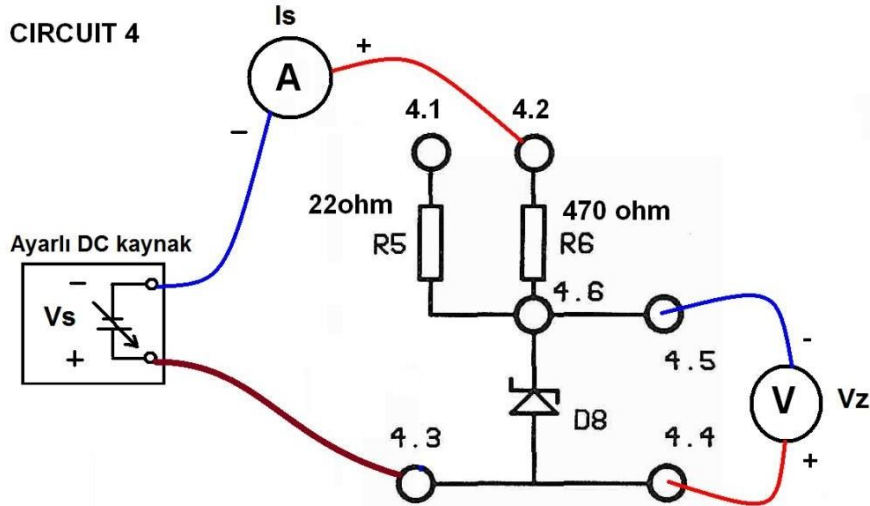
Şekil 5: İdeal Zener diyot ve ters kutuplamada eşdeğer modeli

## DENEY AŞAMALARI

### Zener diyotun akım-gerilim karakteristiğinin elde edilmesi

Şekil 6’da, deneyde kullanılacak olan Zener diyotlu gerilim devresi verilmiştir. Kullanılan Zener diyot, 5.1V değerindedir. Deneyin birinci aşamasında, deney düzeneğinden yararlanılarak Zener diyotun akım-gerilim karakteristiği elde edilecektir. İlk aşamada diyot doğru kutuplanır ve çeşitli gerilim kademelerinde diyotun akımı ölçülür. Ölçülen değerler tabloya yazılır. Daha sonra diyot ters kutuplanır ve aynı şekilde çeşitli gerilim kademelerinde akım değerleri ölçülür. Ölçülen değerler tabloya yazılır. Elde edilen tablolar yardımıyla, akım-gerilim karakteristiği çizilir.

Bu deneyde, voltmetre ve ampermetrenin devreye etkisi (yükleme etkisi), ölçülen değerler yanında çok küçük olduğundan göz ardı edilecektir.



Şekil 6: Zener diyot karakteristiği devresi (doğru kutuplanmış)

#### a) Zener Diyotun Doğru Kutuplanma Bölgesi

- 1) Şekil 6’daki bağlantıları deney setiniz üzerinde hazırlayınız.
- 2) Multimetrelerden birini voltmetre kademesine getirerek “Range” seçimini gösterge 00.00V olacak şekilde ve diğerini ampermetre ( $\mu\text{A}$ ) kademesine getirerek “Range” seçimini gösterge 000.0  $\mu\text{A}$  olacak şekilde ayarlayınız.
- 3) Ayarlı DC gerilim kaynağını, ayar düğmesini en sola doğru çevirerek 0V değerine getiriniz ve kaynağa güç veriniz.
- 4) Ayarlı DC gerilim kaynağı olan  $V_s$  gerilimini yavaş yavaş arttırarak,  $V_z$  Zener diyot geriliminin her 0.10V luk kademesinde, ampermetreden ölçülen akım değerlerini **Tablo 1’e** kaydediniz. Ölçme hataları ihmal edilirse, bu akım  $I_z$  Zener akımına eşittir.

Deney düzeneği, küçük bir değişiklikle sonraki adımda kullanılacaktır. Devre düzeneğini bozmayınız.

**Tablo 1:** Doğru kutuplanmış Zener diyot için ölçülen gerilim-akım değerleri

| $V_z$ [V] | $I_z$ [A]   |
|-----------|-------------|
| 0.00      | 0.0 $\mu$ A |
| 0.10      |             |
| 0.20      |             |
| 0.30      |             |
| 0.40      |             |
| 0.50      |             |
| 0.60      |             |
| 0.70      |             |
| 0.75      |             |
| 0.80      |             |

**b) Zener Diyotun Ters Kutuplanma Bölgesi**

- 5) Güç kaynağını 0V değerine getirin.
- 6) Güç kaynağının devreye bağlanan uçları yer değiştirilecektir. Böylelikle, besleme gerilimi ters polaritede uygulanmış olur. Devrenin diğer bağlantıları, önceki uygulamada olduğu gibi kalacaktır (Şekil 6).
- 7) Multimetrelerden birini voltmetre kademesine getirerek “Range” seçimini gösterge 00.00V olacak şekilde ayarlayınız. Diğer multimetreyi ise ampermetre ( $\mu$ A) kademesine getirerek, “Range” seçimini gösterge 000.0  $\mu$ A olacak şekilde ayarlayınız.
- 8) Ayarlı DC gerilim kaynağı olan  $V_s$  gerilimini yavaş yavaş artırarak,  $V_z$  Zener diyot gerilimini **Tablo 2**'de belirtilen değerlere getirin ve buna karşılık gelen  $I_z$  akımlarını ölçünüz. Ölçülen değerleri Tablo 2'ye kaydediniz.  $I_z$  akımı yaklaşık 800 $\mu$ A ve üzerinde olması durumunda, ampermetrenin mA kademesine getirilmesi gerekmektedir.

**Tablo 2:** Ters kutuplanmış Zener diyot için ölçülen gerilim-akım değerleri

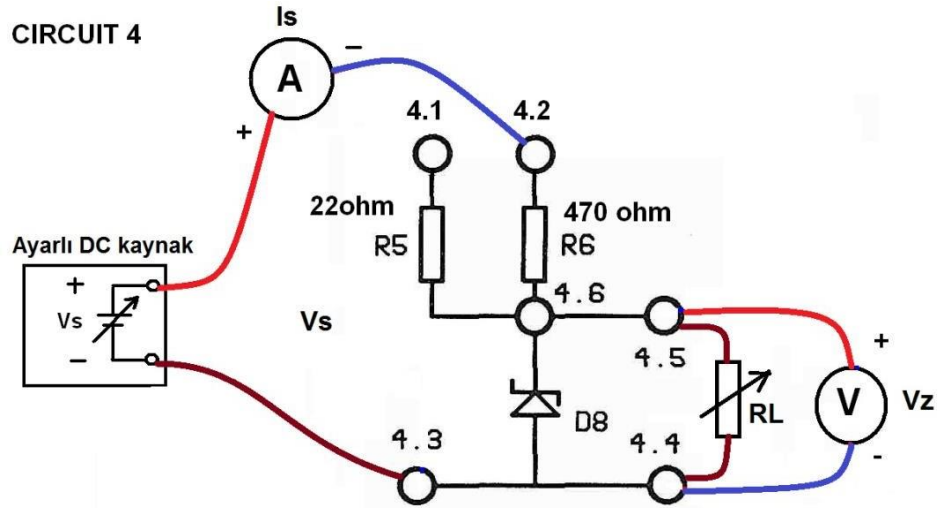
| $V_z$ [V] | $I_z$ [A]   |
|-----------|-------------|
| 00.00     | 0.0 $\mu$ A |
| -1.00     |             |
| -2.00     |             |
| -3.00     |             |
| -4.00     |             |
| -4.80     |             |
| -4.90     |             |
| -5.00     |             |
| -5.10     |             |
| -5.15     |             |

Böylece Zener diyotun akım-gerilim karakteristiği için gerekli ölçümler yapılmış oldu. Bu ölçümler ölçekli olarak bir milimetrik kağıda işaretlenerek **Şekil 2**'deki karakteristik çizilecektir.

### Yük Altında Zener Diyotlu Gerilim Regülatörü

Deneyin ikinci aşamasında ise Zener diyotun gerilim regülatörü olarak çalışması incelenecektir. Çıkışa değişken bir yük direnci bağlanarak, yükün artması ile Zener diyot geriliminin değişimi incelenecektir.

- 9) **Şekil 7**'de verilen bağlantıları gerçekleştiriniz. Burada ölçü aletlerinin '+', '-' uçları diyota göre değil, devrede kullanımına göre yapılmıştır. Buna göre bağlayınız.
- 10) Öncelikle  $R_L$  yükü yok iken,  $V_Z$  gerilimini 5.1V olacak şekilde  $V_S$  kaynak gerilimini ayarlayınız.
- 11)  $R_L$  yükü için verilen potansiyometreyi boşa bağlamadan önce **Tablo 3**'teki değerlere getirerek, buna karşılık gelen  $V_Z (=V_{RL})$  gerilimini not olarak tabloyu doldurunuz.



**Şekil 7:** Yük altında Zener diyotlu gerilim regülatörü devresi

**Tablo 3:** Yük direncinin değişimine göre, ölçülen çıkış gerilimleri

| $R_L$ [k $\Omega$ ] | $V_{RL}$ [V] |
|---------------------|--------------|
| Sonsuz<br>(yük yok) |              |
| 10                  |              |
| 8                   |              |
| 6                   |              |

### SORULAR

- 1) Ölçü aletlerinin ideal olduğu varsayılır ise, **Şekil 6**'daki devrede,  $V_Z = 5.1V$  için devre elemanlarının ve kaynağın güçlerini hesaplayın.