

0-38 V  
AYARLANABİLİR  
DÜZENGEÇLİ  
GÜÇ  
KAYNAĞI

Şekilde, bir 723C gerilim düzengi (regülatörü) kullanarak gerçekleştirilmiş, 0-38 V arasında ayarlanabilen bir güç kaynağı görülmektedir. Devrenin zaman ve sıcaklığa karşı kararlılığı çok iyi olup çıkış geriliminden bağımsızdır. Ayrıca, devrenin az sayıda devre elemanı ile, özellikle 723C dışında zener diyotu kullanılmadan gerçekleştirilmiş olması önemli bir özelliğidir.

Devrede, dayanak (referans) akımını 5 mA'in altında tutmak için 2,5 kfi'luk  $R_5$  direnci kullanılmıştır, tyi bir öngerilimleme (bias) kararlılığı için  $R_1=R_2$ , ve  $R_2=R_3$  seçilmiştir.  $R_6$  sızdırım (leakage) kısıtlama direnci ise  $T_1$  tranzistorunun çalışma alanını genişletir.

Devrenin en yüksek çıkış gerilimi

$$V_{\text{ÇIK (büy)}} = \left( \frac{R_2}{R_1} \right) V_{\text{DAY}}$$

ile verilir. Burada  $V_{\text{DAY}}$  dayanak gerilimi 723C düzengi için standart 7,15 V'tur.  $R_1$  direnci,  $R_3$  direncini yüklemesi için yeterince büyük; hatta yükselteçlerinin (723C içinde) önakımlama sorunlarından kaçınmak için yeterince küçük seçilmiştir.  $R_2$  direncinin değeri ise

$$R_2 = \left( \frac{V_{\text{ÇIK (büy)}}}{V_{\text{DAY}}} \right) R_1$$

eşitliğinden bulunur.

Devredeki diğer dirençlerin değerleri, doğrudan devrenin çalışması göz önüne alınarak hesaplanır.  $R_7$  direnci, içsel zener diyot kullanıldığından, 723C çıkış akımını 10 mA'e kısıtlamalıdır. Değeri kfi olarak

$$R_7 = 0,1 \frac{V_{\text{GİR}}}{I_{\text{Z}}} - 0,62$$

ile verilir. Burada  $V_{\text{GİR}}$  doğrultma çıkışındaki düzenlenmemiş gerilimdir. ( $V_{\text{GİR}}$  gerilimi 723C için sınır değeri olan 40 V'u geçmemelidir.)  $R_8$ , çıkış akımını kısıtlar ve fl olarak

$$R_8 = 0,65 / I_{\text{büy}}$$

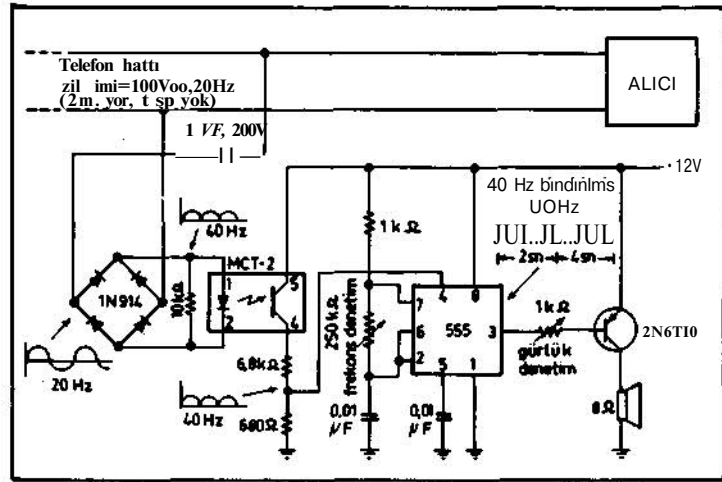
ile verilir. Burada,  $I_{\text{büy}}$  amper olarak en yüksek çıkış akımıdır.  $R_9$  direnci düşük çıkış akımlarında düzenlemeyi sağlar ve kfi olarak

$$R_9 = 5 \frac{V_{\text{GİR}}}{I_{\text{büy}}}$$

ile verilir.

Devrenin çıkış gerilimi 0 V'la  $V_{\text{ÇIK}}$  üzerinde düşen gerilim arasında değiştirilebilir. Şekildeki devrede eleman değerleri 0-20 V, 2A'lık bir güç kaynağı için hesaplanmıştır.

## TELEFON HATLARINI YÜKLEMİYEN ZİL ÇALDIRMA DEVRESİ



Şekilde, telefon hattına bağlı bir optik bağlaç (opto-coupler) yardımıyla, hatları yüklemeyen ve alıcının çalışmasını etkilemeden, alıcıdan uzakta bir zilin çalmasını sağlayan bir devre görülmektedir. Devre, AA zil imine (işaretine) 10 mA'lık bir yük göstermektedir, DA ses imini ise hiç yüklememektedir.

Zil imini çaldırma devresine ileten optik bağlaç aynı zamanda devreyi telefon hattından yalıtır. Optik bağlaçın çıkış akımı astabil (durationsuz) multivibratör olarak çalışan 555 zamanlayıcısını uyarır. 555'in çıkış imi, bir yükselteç üstünden, zil olarak çalışan hoparlörü besler.

Devrede gösterildiği gibi, 100 V 20 Hz'lik zil imi yaklaşık 2 sn. süren ve 4 sn. kesilen bir sinüs dalgasıdır. Zil imi,

1 yF'lık bir sığaç (kondansatör) ve bir tam dalga köprü üstünden, optik bağlaçın ışık yayan diyotuna (IYD) uygulanır. 20 Hz'lik zil imine yaklaşık 10 kΩ direnç gösteren sığaç, IYD akımını 10 mA'e kısıtlar. Köprü devresi ise im frekansını kulağa daha hoş gelen 40 Hz'e yükseltir. 40 Hz'lik bağlaç çıkışı 555 zamanlayıcısının (timer) sıfırlama girişine uygulanır. Multivibratörün 440 Hz'lik nominal çıkış frekansı 250 kΩ'lık değişken dirençle ayarlanabilir. Böylece, çıkışta 40 Hz'lik zil imi bindirilmiş 440 Hz'lik (ya da ayarlanan değerde) bir dikkörtgen dalga elde edilir. 555 çıkışı, yükseltmeye gerek kalmadan, akım kısıtlayıcı (limiter) bir sığaç üstünden hoparlörü sürebilir. Çıkış imi dikkörtgen dalga olduğundan, gerektiğinde, bir tranzistor kullanarak var-yok (on-off) türü güç

yükseltmesi yapılabilir. 50 mA'den düşük akımlarda 555 bir akım soğurucu (current sink) olarak daha etken çalıştığından, en fazla verimlilik ve güç yükseltmesi için bir PNF tranzistorun kullanılması daha uygundur.-

Devrede kullanılan öge değerleriyle 5,5 W'lık bir çıkış gücü elde edilir. Yükselteç kazancı artırılarak ya da daha küçük dirençli hoparlör kullanarak daha yüksek çıkış gücü elde edilebilir.

Bu devre 12 V'luk bir DA kaynağından yaklaşık 120 mW güç çeker. Bu güç, ikinci bir optik bağlaç kullanarak azaltılabilir. Birinciyle uyumlu çalışan bu ikinci optik bağlaç, zil imi geldiğinde devreye güç veren bir DSD'yi (denetimli silisyum doğrultmaç, SCR) tetiklemekte kullanılırsa, devrenin sürekli güç çekmesi önlenmiş olur.

## KEBAN

### HİDROELEKTRİK SANTRALI I. VE II. ÜNİTELERİNDE ORTAYA ÇIKAN ARIZALAR

*Tek Hidrolik Santraller İş. Daire Başkanlığından Hidayet Başşme'nin Türkiye Elektrik Kurumu Dergisinde (Mart 1975) çıkan Keban Santralındaki arızalara ilişkin yazısının geniş bir bölümünü aşağıya alıyoruz. Yazıdan da kolayca görüleceği gibi, arızalar türbin/generatör ünitelerinin yanlış tasarım ve yapımdan ileri gelmektedir.*

Her bir ünitesinin gücü 150 metre hidrolik düşüde 60° C çalışma sıcaklığında 175000 kVA ve 80° C çalışma sıcaklığında ise 201250 kVA olan Keban Hidroelektrik Santralının II No.lu türbin/generatör ünitesi 27 Ağustos 1974 ve I No.lu türbin/generatör ünitesi ise 28 Ağustos 1974'ten itibaren enerji üretmeğe başlamışlardır. Bu türbin/generatör ünitelerine iki haftalık bir tecrübe işletmesi uygulandıktan sonra 9 Eylül 1974 günü zamanın Başbakanı tarafından resmen ticari işletmeye açılmışlardır.

I ve II No.lu üniteler, II No.lu ünitenin taşıyıcı yatağında 100 MWın üzerindeki yüklerde meydana gelen sıcaklık yükselmesi dışında, 28 Ekim 1974 tarihine kadar önemli bir arıza meydana gelmeden çalışmışlar ve enerji üretmişlerdir.

Ancak 28 Ekim 1974'te I No.lu ünite ve 16 Kasım 1974'te ise II No.lu ünite arızalanarak işletme dışı kalmışlar ve enerji üretmez duruma gelmişlerdir. Böylece, Keban Barajı gölünün su düzeyi 802,00 metre dolayında olmasına rağmen rahatlıkla 125 MW + 125 MW üretebilecek olan iki ünite birden işletme dışı kalıp enerji üretememeleri yüzünden sistemde yalnızca Keban Santralındaki bu arızalar nedeniyle 250 MWlık bir güç ve günlük 6 000 000 kWh'lik bir enerji üretim açığı doğmuştur.

Bu kötü duruma Gökçekaya Hidroelektrik Santralındaki ünitelerle Seyitömer Termik Santralında meydana gelen arızalar ve Sarıyar, Hirfanlı, Kesikköprü, Demirköprü, Kemer, Almus ve Kovada Hidroelektrik Santrallerindeki su seviyelerinin tehlike yaratabilecek derecede düşük olmaları da eklenince, Keban'daki I ve II No.lu ünitelerdeki arızalar nedeni ile ortaya çıkan enerji açığını kapatmak için enerji kesintisi yapmak zorunda kalınmıştır. Bu yüzden Aralık 1974 ayı başından üçüncü haftası sonuna kadar bütün yurttaki sıra ile ve belirli saatlerde elektrik enerjisi kesintileri yapıldığı herkesçe bilinmektedir. Keban'ın I ve II No.lu ünitelerindeki arızaları ve bu arızaların doğmasına yol açan etkenleri bulmak için Aralık 1974 ayı başlarında AEG ve SIEMENS firmalarının yetkilileri ile Keban'da II No.lu ünite üzerinde bir seri test deney ve muayeneler yapılmıştır.

Bu test ve deneylerde saptanan arıza kaynağı olabilecek anormalliklerden AEG ve SIEMENS firmalarını ilgilendiren bir bölüm, alınan bazı önlemlerle giderilerek (örneğin; ünite yüklü halde çalışırken şaft düzeninin dinamik doğrultulmasının yapılması, generatör kılavuz yatağının yeniden ayarlanması, generatör statoru nötr nokta-

sına giden fazların bakır baralar üzerinde erimiş olan lehimli perçinli bağlantı yerleri ile bu baralar üzerindeki kabaran yalıtkan tabakaların yenilenmesi ve aşırı derecede ısınan bu bölümlerin daha iyi soğuyabilmesi için ek havalandırma pencerelerinin açılması gibi) II No.lu ünite 11 Aralık 1974 günü tekrar servise alınabilmiştir.

### ARIZALARIN TANITILMASI

I No.lu ünite 28 Ekim 1974 tarihinde ve II No.lu ünite ise 16 Kasım 1974 tarihinde arızalanmıştır. önce, bu ünitelerde işletmeye alındıktan sonra arızaya kadar geçen 2-2,5 aylık işletme süresinde doğan bir anormallığı belirtmek yararlı olacaktır.

Üniteler, işletmeye açıldıktan bir süre sonra, 100'er MWtan daha fazla yüklendiklerinde yük salınımları meydana gelmiştir, ünitelerin yükleri 100'er MWtan 140'ar MWa doğru yükseldikçe yük salınımlarının da çoğaldığı ve ünitelerin yükleri 140 + 140 MWa yükseldiğinde her iki üniteye yük salınımlarının 23 + 23 MWa kadar çıktığı saptanmıştır.

Bu yük salınımı olayı başlangıçta, bir görüşe göre hız regülatörünün hatasından ileri geldiği, diğer bir görüşe göre ise, çok uzun olan Keban-Ankara arası 380 kV'lık enerji nakil hatlarından ileri geldiği kabul edilmiş ve bütün dikkatler bu iki nokta üzerinde toplanmıştır.

I No.lu üniteye arıza :

I No.lu ünite 110 MW yükte çalışırken 28.10.1974 paratesi günü saat 11.17'de generatör katından ani olarak anormal derecede darbeli bir gürültü sesi işitilmiş ve bu üniteye ait ikaz generatörü kollektöründe geldiği görülmüştür. Bu arada kumanda odasında hiç bir röle çalışması olmamış ve hiç bir sesli veya ışıklı alarm alınmamıştır. Buna rağmen ünitenin ikaz akımı çok acele o-

larak düşürülerek sıfırlanmış ve ünite devreden çıkarılmıştır.

Daha sonra bu ünite üzerinde yapılan kontrol ve muayeneler sonucunda türbin/generatör şaftının aşırı derecede salgılı dönmeye yüzünden:

- Yardımcı ikaz generatörünün rotoru statora sürtmüş, rotor ve stator 1-2 mm kadar derinlikte çizilmiştir.
- Ana ikaz generatörü kollektöründeki ark kollektörde 1,0-1,5 mm kadar derinlikte iz bırakmıştır.
- Ana ikaz generatörünün rotoru üzerindeki özel altı adet bandajdan en üstteki, generatörün stator kutuplarına sürmüş, stator kutupları ve bandaj 1-2 mm kadar derinlikte çizilmiştir.
- Generatör kılavuz yatağında ki sekiz pabucun beyaz metali hafif derecede çizilerek yaralanmıştır.
- Yine pabuçların arkasındaki sekiz küre ile kılavuz yatak pabuçlarını tutturan civatalar ezilerek kullanılmaz hale gelmişlerdir.

II No.lu üniteadaki arıza:

II No.lu ünite de 110-120 MW yükte çalışırken türbin kılavuz yatağının sıcaklığı anormal derecede artmaya başlamıştır. Bu olay üzerine türbin/generatör şaftlarını birleştiren kaplinin üst kısmında (generatör taşıyıcı yatağının alt kısmında) şaft salgı değerleri ile generatör kılavuz yatağına ait yağ filmi boşlukları ölçülmüş ve sonuçta:

- Ünite yüksüz ve ikazsız dönerken ölçü noktasındaki yarıçapsal şaft salgısının 0,1 mm olduğu ve bu değer normal sınırlar içinde bulunduğu;
- Ancak, generatör ikazlanınca şafttaki salgının ikaz akımı ile doğru orantılı olarak arttığı ve anma yüküne karşılık olan ikaz akımına çıkıldığında ölçü noktasındaki yarıçapsal salgının 0,9-1,0 mm ye kadar yükseldiği görülmüştür.
- Ayrıca, generatör kılavuz

yatağında, yağ filmi boşluklarının yarı çapta 0,2 mm olması gerekirken 0,4 mm'ye çıktığı görülmüştür.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan test-deney ve ölçmelerden alınan sonuçlara göre arızalara yol açan etkenler ve arızaların giderilebilmesi için alınması gereken önlemler aşağıya çıkarılmıştır.

### Arızalara Yol Açan Etkenler

Ünitelerin yataklama sistemleri uygun seçilmemiştir. 16,28 metre boyunda ve 520 ton ağırlığındaki bir şaft düzeninin iki adet kılavuz yatak boyunca çalışması çok zordur. Şaft düzeninde en az 3 kılavuz yatağının olması gerektirdi.

Ayrıca, iki kılavuz yatağında ki yağ filmi boşlukları da uygun seçilmemiştir. Soğuk durumdaki makinada generatör kılavuz yatağının yarıçapsal boşlukları 0,125 ilâ 0,15 mm iken türbin kılavuz yatağının yarıçapsal boşlukları 0,40 mm dir. Normal işletme rejimindeki sıcaklıklarda ise, generatör kılavuz yatağının yarıçapsal boşluğu en çok 0,04 mm iken, türbin kılavuz yatağın da bu değer 0,60 mm'ye kadar çıkabileceği hesaplanmıştır.

Aralarındaki mesafe 8,00 metre olan iki kılavuz yatağının yağ filmi boşlukları böylesine farklılık göstermesine karşın generatör kılavuz yatağından 5,0 metre yukarıda ve yataksız olarak yerleştirilmiş olan ikaz generatörlerinin şaftı üzerindeki rotor-stator arası hava aralıkları 2,0 mm ile çok küçük seçilmiştir.

Ana generatör statorunun alt ve üst kısımları eşit ve homojen bir şekilde soğutulamamaktadır. Bu yüzden yaklaşık 2,5 ay gibi kısa bir işletme süresi sonunda stator da düzgün olmayan bir ısınmadan dolayı bir deformasyon meydana gelmiş ve bu yüzden ana genera-

törün rotor-stator arası hava aralıklarında altta 2,6 mm'ye ve üstte ise 3,5 mm'ye varan dengesizlikler meydana gelmiştir. Bu yüzden, makine ikazlanınca manyetik dengesizlik nedeniyle generatör kılavuz yatağına 30-32 ton dolayında dengelenmemiş radyal yükler gelmektedir.

Türbin rotorunun kanatları arasında ve türbin emme borusunda oluşan türbülanslı hidrolik akım ortamındaki vakumlu hacimlerin sık sık azalıp çoğalması ve sık sık yer değiştirmesiyle türbin rotoruna hem radyal ve hem de aksiyal yönlerden çok şiddetli ve dengelenmemiş kuvvetler gelmektedir. Bu yüzden 520 ton ağırlığındaki şaft düzeni dengesiz bir şekilde ve adeta yukarı zıplayıp aşağı düşerek salgılı bir hidrolik düşüdeki kavitezyon alanında (40-90 MW arası yüklerdeki çalışma anında) özellikle çok tehlikeli olmaktadır.

### Arızaların Giderilmesi için Gerekli önlemler

Türbin kılavuz yatağında ki yağ filmi boşluğu, normal işletme rejimi sıcaklığındaki makinada 0,15 mm'yi geçmeyecek biçimde yeniden ayarlanmalıdır.

Gerek yardımcı ikaz generatörünün rotoru ile statoru ve gerekse ana ikaz generatörünün rotoru ile statoru arasındaki hava aralıkları, yapılacak değişikliklerle 4 mm daha artırılarak 6'şar mm'ye çıkarılmalıdır.

Türbin rotorunun kanatları arasında ve türbin emme borusunda meydana gelen türbülanslarla vakumlu hacimlerin düzeyini ve bu vakumlu hacimlerin sık sık büyüüp-küçülme ve yer değiştirmelerini en aza indirebilmek için türbin emme borusu, türbin rotorunun göbeğinden emme yapacak şekilde ek bir havalandırma tertibatı ile düzenlenmelidir.

Türbinler, kavitezyon alanı olan 40 ile 90 MU'lık yükler

# mühendislik dünyası

## haberler

de uzun süre çalıştırılmamalıdır.

Ünitelerdeki şaft düzeni salgısını sürekli olarak denetleyebilmek için her ünitenin ikaz generatörü şaftının üst ucuna bir salgı denetleme aygıtı konmalıdır. Herhangi bir nedenle şaft salgısının ani artmasında bu aygıtın bir kontağı kapanarak ünite, hasar görmeden ani ve nihai durmaya (ani devre harici olma) gidebilmelidir.

Yukarıdaki tüm koşullar yerine getirilse de, ünitelerin özellikle generator kılavuz yatağındaki yağ filmi boşlukları her 3 ayda bir denetlenmelidir.

Özetlenen bu asgari önlemler alınmadıkça, Keban Santralının türbin-generator ünitelerinde işletme güvenliklerinin sağlanması olanaksızdır.

### KEBAN'I TÜRK TEKNİSYENLERİ ONARDI

Amerikan, Fransız ve İtalyan mühendislerinin "yapılamaz" dedikleri Keban Hidroelektrik Santralindeki türbinlerden Türk teknik adamlarının geceli gündüzlü çalışmaları sonunda bir numaralı türbin onararak devreye sokulmuştur.

Yapım hatası nedeni ile arızalanan türbinlerin onarımı işlerini yabancı teknik elemanlar üzerlerine almayarak "yapılamaz" demişlerdir. Türbinlerin onarım işini üzerine alan Türk teknik elemanları geceli gündüzlü çalışma sonunda bir numaralı türbinin onarımında yüzde yüz başarı sağlamışlardır.

Öte yandan Keban Hidroelektrik Santralindeki diğer dört türbinin de kurulması için karar alınmıştır.

(Ekonomi Politika, 3 Kart 1975)



### SOVYET DENEYSEL ELEKTRİKLİ OTOMOBİLİ

Resimde ön planda, Moskova'da düzenlenen Ekonomik Gelişmeler Fuarında sergilenen Elektro adlı deneysel Sovyet elektrik otomobili görülmektedir. Elektro, Ukrayna'da Zaporozje otomobil fabrikalarında imal edilmektedir. Maliyeti oldukça düşük olan Elektro, CT-140 tipi 30 Voltluk bir bataryayla beslenen 4kW gücünde bir doğru akım motoru ile çalışmak-

tadır. Ağırlığı da diğer otomobillere oranla düşük olan Elektro'nun saatteki hızı 100 km\*<sup>y</sup> ulaşmaktadır. Resimde geri planda Moskova metrosunda kullanılmak üzere geliştirilen yeni bir vagon görülmektedir. Daha arkada bir Vostok roketi ile bir Yak 40 uçağı görülmektedir.

(Electrical Fevieu, 7 Haziran 1974)

Sovyet teknik elemanları, yüksek kaliteli ağır dövme-çelik imalatında karşılaşılan teknik ve metalurjik sorunları çözümlenerek, 1200 MW gücünde generator yapımına olanak sağlayacak bir aşamaya gelmişlerdir. Kostroma termik güç santralının 2 ünitesini oluşturacak olan 2 generator Electro-sila fabrikalarında imalat halindedir. Bu iki generator santralın kapasitesini 4800 MHa çıkaracaktır. Bu durumda Kostroma Termik Santrali dünyanın en büyük güç santrallerinden biri olacaktır. Resimde birinci generatorün rotor mili [sarım yivlerinin (winding-slots) açılmadan önceki] işlenirken görülmektedir. Milin uzunluğu 16 m ve ağırlığı 110 tondur.

(Energy International, Ekim 1974)

### SOVYET 1200 MW GENERATÖRLERİ İMALATTA

