



Humming Bird ELC. Modificaciones por AIDG / Xelateco. La experiencia operativa en Nueva Alianza

Revisión	Fecha	Autor
A – Versión Ezboso	Abril 2010	Ben Dana

Introducción.....	2
2. Generación Micro Hidro en Nueva Alianza: Pasado y Presente	2
2.1 Generación trifásica con tres ELCs.....	3
2.2 Re-cableo del generador para funcionamiento monofásico.....	4
2.3 ELC trifásico.....	4
3 Fabricación de la Placa.....	5
3.1 Protección contra polvo/ efectos ambientales.....	5
3.2 Los números de serie	6
4 Modificaciones al ELC	6
4.2 Características de protección eliminados.....	7
4.3 Versión de ELC con tres cargas de desvío.....	7
4.4 Archivos Gerber.....	7
5 Carga al generador del ELC.....	7
6. Problemas de la AVR mencionados por DanHelper.....	8
Apéndice A	8

ELC Controlador de Carga Electrónica
IGC Controlador de Generador de Inducción
Dan Helper –AIDG trabajador (2008)
NA Nueva Alianza
PCB Placa de circuito impreso
RPM revoluciones por minuto
kVA - Kilo-Voltio Amperios

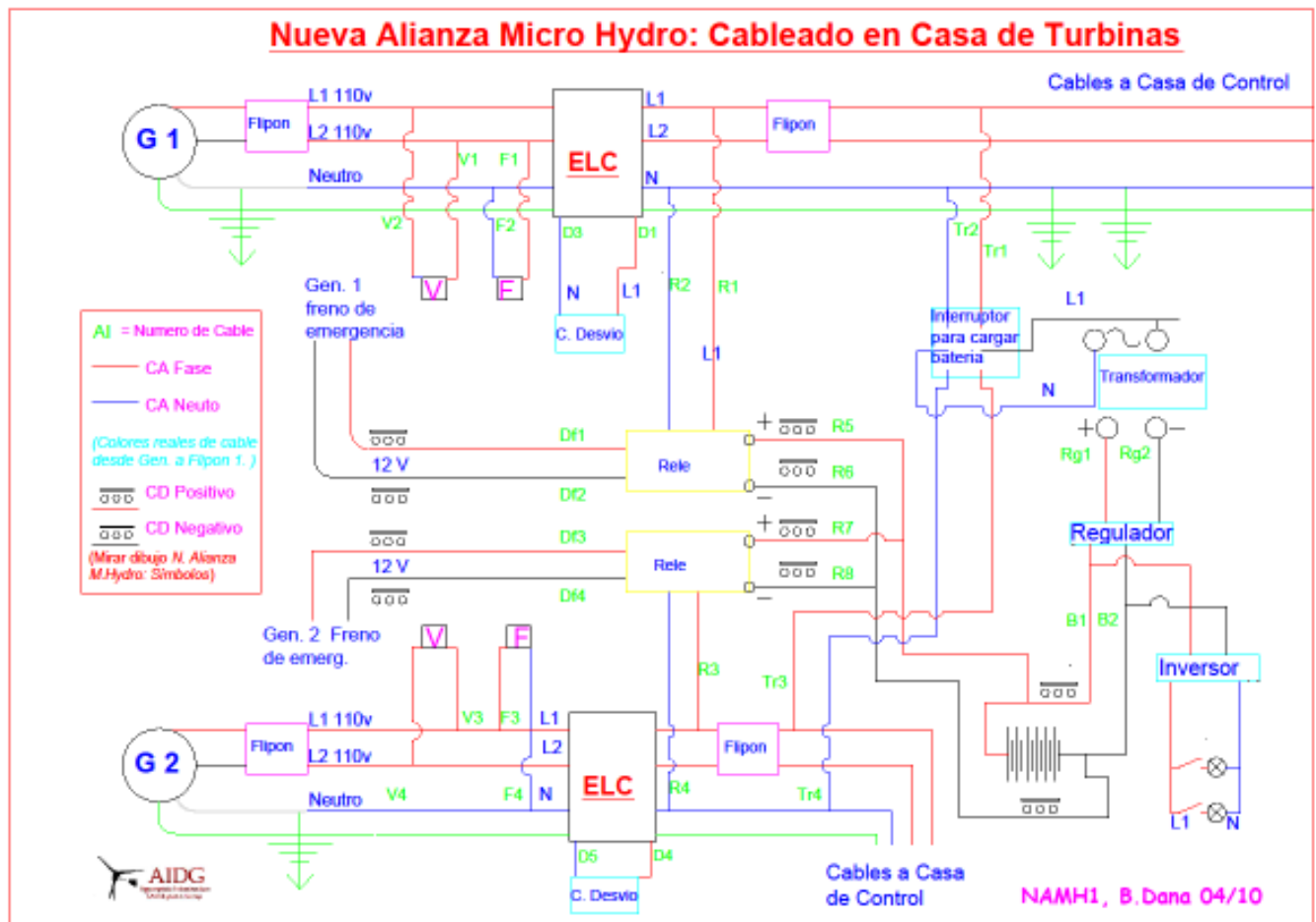
Tensión-Voltaje
VCA -Tensión (corriente alterna)

Introducción

Este documento ofrece información sobre las modificaciones introducidas en el Controlador de Carga Electrónica por Xelateco y su incubador el Grupo de Desarrollo de la Infraestructura Apropiable (AIDG.) El Hummingbird, diseñado por el ingeniero Neerlandés Jan Portegijs (Portegijs, 2000) es utilizado para regular un sistema de micro-hidroeléctrica en Comunidad Nueva Alianza, El Palmar, Quetzaltenango, Guatemala. La rehabilitación de este sistema construido en la década de 1930 se llevó a cabo por Xelateco en 2005 y 2006 con el apoyo de AIDG.

2. Generación Micro Hidro en Nueva Alianza: Pasado y Presente

Generación Micro-Hidro en Nueva Alianza, Mayo 2010



En marzo de 2010, este sistema cuenta con dos turbinas micro-hidro Pelton instalado en la comunidad. Cada uno alimenta un generador *Voltmaster ECO11-1* de una sola fase. Estos son los generadores sincrónicos nominal de 11kVA, 240 VCA; con Regulador Automático de Voltaje (AVR). Para cada sistema, se utiliza una placa Hummingbird. Cuatro resistencias de 3 kW están conectadas a cada placa como cargas de desvío.

- Originalmente, el sistema se instaló con dos generadores de trifásicos de 8kW de marca Voltmaster. Se colocó un sistema de generación y distribución eléctrica trifásica para minimizar las pérdidas debido a la caída de voltaje. Cada generador se reguló por tres ELCs, una conectada a cada fase. Su funcionamiento se complicó por los problemas de interferencias de retro-alimentación.
- En el 2008 se cambió la conexión de estos dos generadores trifásicos para que generaran electricidad monofásica en una configuración Zig-Zag. Se volvió a hacer el cableado para que el sistema de distribución eléctrica de la Comunidad fuera monofásico. Las modificaciones al generador representaron una reducción de la potencia nominal máxima por 30%^a (a 5.3kW).
- A finales de 2009 la construcción de un controlador de tres fases fue planeado. Esto no siguió adelante después de que se determinó que la configuración de la distribución habría impedido un aumento de generación a 8 kW. En cambio, se instalaron dos generadores monofásicos de 11kW, cada uno con un ELC modificado como se describe en la sección 4.

2.1 Generación trifásica con tres ELCs

Los problemas operativos con el sistema de hidroeléctrica en Nueva Alianza han surgido principalmente de la utilización de tres ELCs monofásicos en un sistema trifásico. Se conectó un controlador a cada fase, y cada fase distribuyó la energía a una parte diferente de la comunidad. Así, los ELCs recibían señales diferentes, porque el consumo fue diferente en cada lugar. Cada placa intentó ajustar la carga de una manera diferente para mantener las RPM del generador y la frecuencia constante, produciendo problemas de retro-alimentación y ruido.

AIDG solicitó consejos de Jan Portegijs sobre cómo reducir la tendencia de los tres ELCs para contrarrestarse uno al otro. Su respuesta se enfocó en el controlador PI:

Un controlador PI es llamativo porque, al final, trae a valor medido exactamente al punto a que esté ajustado. El problema es que ahora tiene 3 controladores con 3 puntos de ajuste ligeramente diferentes: Para las variaciones de baja frecuencia, sólo uno de los tres controla algo en realidad, los otros están o totalmente "encendidos" o totalmente "apagados". Así que, casi inevitablemente, los 3 controladores + cargas de desvío formarán una carga muy desequilibrada a su pobre generador trifásico con el promedio entre las 3 fases; hay que desviar la mitad de la potencia del generador a las cargas de desvío. Para que los 3 controladores colaboren, habrá que desactivar el efecto-I en el controlador PI. Por ejemplo, omitir la resistencia de 10 k entre la salida de OpAmp 12 y "ángulo de disparo", y la sustitución de la resistencia de 10 k entre la salida de OpAmp 9 con una resistencia de más o menos 5 K. Luego todavía tiene que ajustar la frecuencia de los 3 controladores de precisión para hacer que todos desvíen aproximadamente la misma cantidad de energía a sus cargas de desvío. Las cosas se ponen más fáciles si ajusta el efecto de P hacia 'insensible' / 'lento'.

(Jan Portegijs, e-mail a Ana Romeo, 2007. Para más información sobre el controlador PI - **Portegijs**, 2000: sección 2.7).

Posteriormente, se redujo el "efecto-I" al mínimo en la Nueva Alianza para minimizar el PCB de trabajo entre sí. Los problemas se redujeron pero no se eliminaron.

Otros problemas en Nueva Alianza, como la frecuencia del disparo de la característica de protección contra sobre-corriente, habría sido en parte debido a la falta de equilibrio entre las cargas en cada fase y el bajo-dimensionamiento del generador, esbozado por **Portegijs**, 2000, K3:

Si no se puede garantizar un equilibrio de carga apropiada, hay que sobredimensionar el generador y el cableado y / o la protección contra sobre-corriente disparará a menudo ... [Sin el equilibrio adecuado de carga] el generador podría recalentarse debido a que una fase del estado lleva demasiada corriente. También las cargas de usuario podrían dañarse debido al bajo voltaje en la línea más cargada, o sobretensión en la línea poco cargada... Para reducir los problemas de desequilibrio, todas las cargas grandes deben ser trifásicas. Esto significa que no se pueden permitir motores grandes monofásicos eléctricos en un sistema de 3 fases.

La colocación de transformadores en la red de distribución se planificó para solucionar los problemas de balanceo de carga mediante la conexión de cargas relativamente igual a cada fase. Sin embargo, la red no estaba equilibrada, por lo general con L1 más cargado que las otras dos líneas. L1 alimentó 11 viviendas incluyendo el hotel, la oficina, la escuela (el "casco") y las casas en la parte inferior de la comunidad. L2 y L3 alimentaron cada uno unas 5-6 casas más arriba.

El diseño original también trató de evitar la sobrecarga del generador con el uso de fusibles de 1A para cada casa. Sin embargo, estos no eran populares, ya que se quemaban con frecuencia (por ejemplo, al encender el televisor) Fueron sustituidos por fusibles de 2A.

2.2 Re-cableo del generador para operación monofásica

Modificar el generador y la red para la operación monofásica en 2008 redujo la potencia nominal máxima de los generadores, de 8 kW a 5.3kW. En este momento la capacidad total de cargas de desvío conectadas a cada generador era 6kW. Con el ELC del generador activo antes de conectar a la comunidad, se desviaba 6 kW de potencia a las cargas de desvío. Al encender las cargas de usuario en la comunidad, más flujo de agua sería necesario para mantener el funcionamiento a 60Hz. Esto significa que el generador se trabaja por lo menos en el 113% de su capacidad máxima nominal, reduciendo significativamente la vida del generador.

Además este cambio aumentó los problemas creados por cargas grandes conectadas al generador. La característica de protección contra bajo-tensión del ELC activaba con mayor frecuencia.

2.3 ELC trifásico.

En 2009 AIDG y Xelateco consideraron la fabricación de una versión de la ELC trifásica para permitir que los generadores produjeran 8kW (**Portegijs**, 2000, K3, explica las modificaciones). Esto habría requerido regresar a la red de distribución trifásica, y equilibrar las cargas servidas por cada fase en la

comunidad. Sin embargo, se determinó que el actual sistema de distribución habría impedido un aumento en la producción del generador de 5.7kW; 3 fases que alimenten 2 transformadores de alta tensión, con las dos líneas de transmisión de 13kV a continuación transformado en 3 cables de 220 V de distribución. Se tendría que modificar la red de distribución con 2 transformadores adicionales y una línea de transmisión adicional. Además, el desequilibrio geográfico de las cargas dentro de la comunidad (las cargas grandes están ubicadas en un solo lugar en el centro) haría difícil un buen equilibrio. Tras la evaluación completa, el costo y la complejidad de esta opción se consideró mayor que el de compra de los nuevos generadores monofásicos.

Evitar un controlador trifásico en los primeros años del proyecto refleja la falta general de experiencia con un ELC trifásico. Portegijs reconoce que una versión trifásica aún no se había probado durante su publicación en 2000.

3 Fabricación de la Placa

Portegijs (2000) explica como hacer las placas en la sección 7.1. También recomienda la fabricación profesional del ELC por un taller de electrónica. Sin embargo, los diseños de ELC presentados en el manual sólo están disponibles como archivos de imagen, no como "Gerbers", lo cual complica la fabricación profesional, y hace que sea difícil de representar y reproducir versiones modificadas.

Originalmente, fabricaron las placas de Nueva Alianza con una plancha de ropa. Aunque su calidad era razonable sólo era posible hacer una placa de una sola cara de esta manera, y se necesitaban muchos cables en la placa para las conexiones. Aunque la placa original tenía caras en cada lado, según Portegijs esto es legítimo: *“Se debe reemplazar las pistas de impresión de ‘larga distancia’ en el lado de los componentes con puentes de alambre. Estos puentes de alambre no puede ramificarse para conectar varios puntos por cual razón hay islas extras en forma de diamante en el lado del cobre para conectar puentes de alambre por separado a todos los puntos que se tiene que conectar entre sí.”*

Sin embargo, este método de fabricación generó problemas con la interferencia electromagnética (EMI)

Como alternativa Protegijs sugiere también, *“una placa de doble cara hecho con dos placas delgadas, de un solo lado, pegadas juntas con pegamento epoxi.”* Xelateco / AIDG no han intentado esto.

Más adelante, los prototipos fueron hechos profesionalmente.

3.1 Protección contra polvo/ efectos ambientales

Las placas mismas están protegidas contra el polvo con un spray de acrílico transparente después de las pruebas iniciales. Hay que soldar placas nuevas con la pasta fundente de-oxidante SK10 recomendada por Portegijs en su manual. Dan Hepler también recomendó la inclusión de una capa soldermask en el PCB para la protección ambiental, pero no está disponible en Guatemala.

El encajamiento ELC ha mejorado, aunque posiblemente no cumple con la norma IP55 especificado por Portegijs. Por ejemplo las perforaciones para tubo/ cable pueden ser un poco más grande que el diámetro de la tubería. En abril 2010 se encontraron ratones en la caja de flipones en la Casa de Control.

3.2 Los números de serie

AIDG / Xelateco no asignaron números de serie para las placas fabricadas.. Esto significa que sólo pueden estar identificadas por las pocas personas que los construyeron. No es posible saber que sustitutos han sido fabricados o que problemas existen con ciertas placas. Es difícil registrar los valores de calibración o encontrar la historia de una unidad.

Se recomienda asignar un número de serie a todas las unidades (las placas de circuitos, sistemas, etc.). Información sobre fabricación, calibración y mantenimiento debe llevar el número de serie a la que pertenecen. Además, las órdenes de venta o facturas deben llevar el número de serie.

4 Modificaciones al ELC

4.1 Montaje en una sola placa

Las placas instaladas actualmente tienen las modificaciones de diseño desarrollados por Dan Helper a AIDG en 2008. Se implementaron estos cambios para permitir la instalación de los triacs y el relé de protección en la misma placa fácilmente. Esto simplifica la instalación y reduce los costos, eliminando la necesidad de varias carcasas metálicas. Los cambios también simplifican el cableado especificado por el diseño original, con pistas y bornes de conexión adicionales incluidos para este propósito. La placa modificada está representada en los dibujos incluidos en el Apéndice A.



Controlador Hummingbird montado en una sola placa

4.2 Características de protección eliminados

Modificaciones implementadas por Dan Hepler también omitieron la señal de sobrecarga (Portegijs, 2000, sección 2.8.) Experiencias en la Nueva Alianza habían demostrado que es casi redundante allí. Las personas no respondían a la atenuación de las luces con baja frecuencia con apagar los dispositivos electrónicos para reducir la carga, en parte debido a la frecuencia de problemas operacionales en los primeros años de la rehabilitación de la hidro-eléctrica. Entonces se ha dejado fuera, para simplificar el ELC.

4.3 Versión de ELC con tres cargas de desvío.

El diseño de Portegijs permite construir el ELC con dos o tres cargas de desvío. Para uso con tres cargas de desvío las placas de NA incluyen todos los componentes representadas en la gráfica 23 de su manual: los que están impresos normalmente y los que están subrayados (los componentes subrayados son necesarios para la versión con 3 cargas de desvío. Portegijs (2000, Sección 7.1.1.) da más detalles.

Además, sólo los elementos dibujados en negro están instalados. Se omite el área de IGC de la placa.

4.5 Archivos Gerber

El ELC rediseñado ha sido representado por Dan Helper en formato de archivo de Gerber para que cualquier fabricante de PCB pueda reproducirlo.

5 Carga al generador del ELC

Regulación de ángulo de fase a través de cargas de desvío controladas por triacs produce bajas de tensión importantes en la tensión de red. Este efecto desgasta más los cojinetes del generador que una carga constante. Encender la corriente más adelante en la forma de onda senoidal (después del paso por cero) reduce el factor de poder al actuar como una carga retrasada. Esto significa más corriente reactiva respecto a la corriente real, cargando más los generadores. Las bajas de tensión causan el generador a encenderse de repente, creando un esfuerzo de torsión repentino en el generador.

El efecto es mitigado en parte con más cargas de desvío conectadas en paralelo (dos en lugar de tres.) La carga adicional causada por los triacs puede causar problemas de activación falsa (la potencia se desvía hacia la carga de desvío cuando no es necesario, o no está desviado cuando debería ser).

Un ELC que utiliza modulación por ancho de pulso (PWM) con IGBTs o MOSFETs podría proveer una carga con factor de potencia corregida, que reduciría drásticamente el ruido y la carga en los generadores. Esto merecería una investigación en el futuro por AIDG o de otras organizaciones que trabajan con las instalaciones de este tipo.

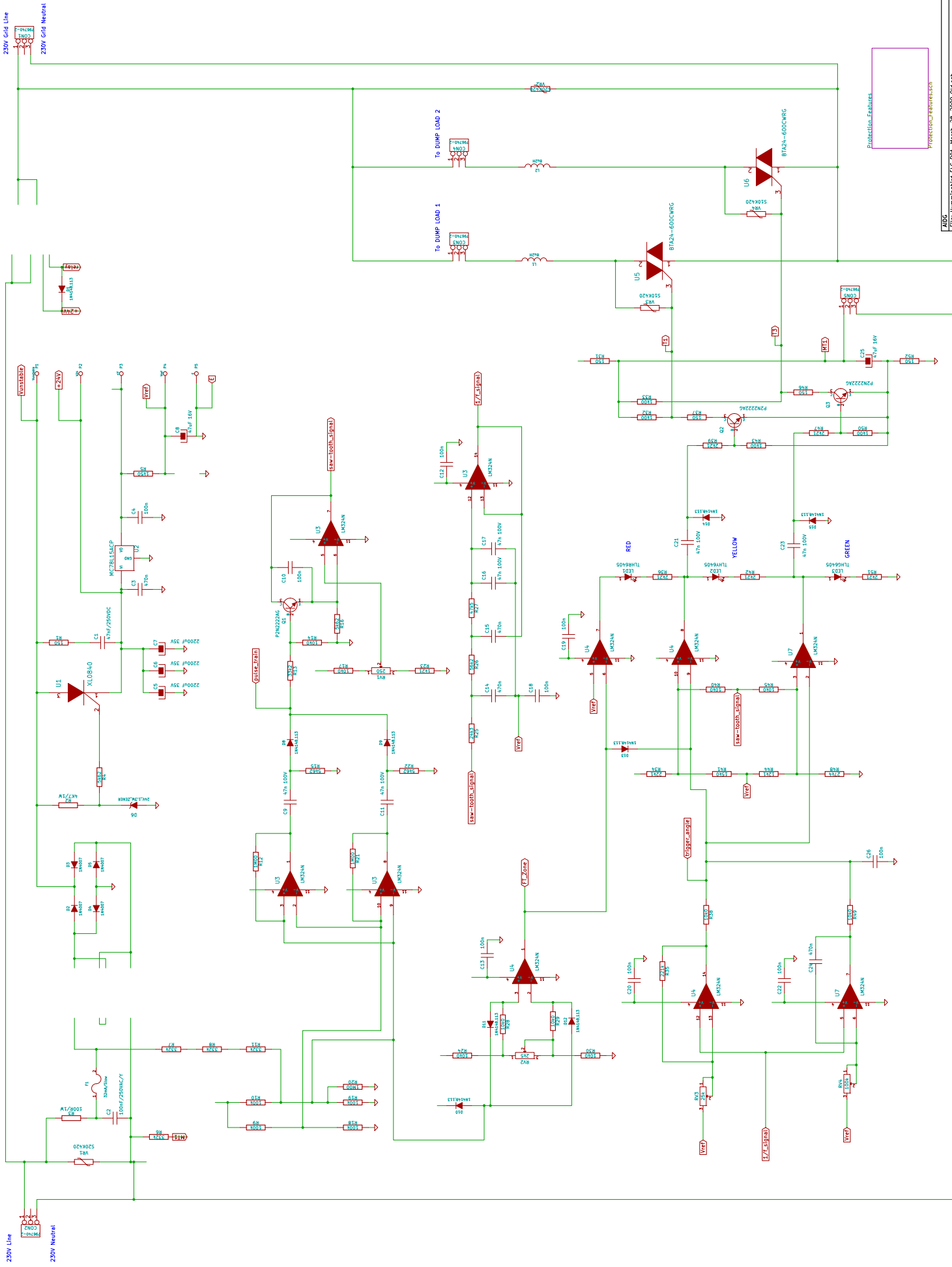
6. Problemas de la AVR mencionados por Dan Hepler

Bajo condiciones de alta caída, el ELC podría enviar todo el poder a las cargas de desvío. El generador se aceleraría y la frecuencia sería mayor. Sin embargo, con el generador por encima de 100% de la capacidad nominal el AVR reduciría la tensión. Con una menor carga eléctrica, la turbina se acelera de manera significativa.

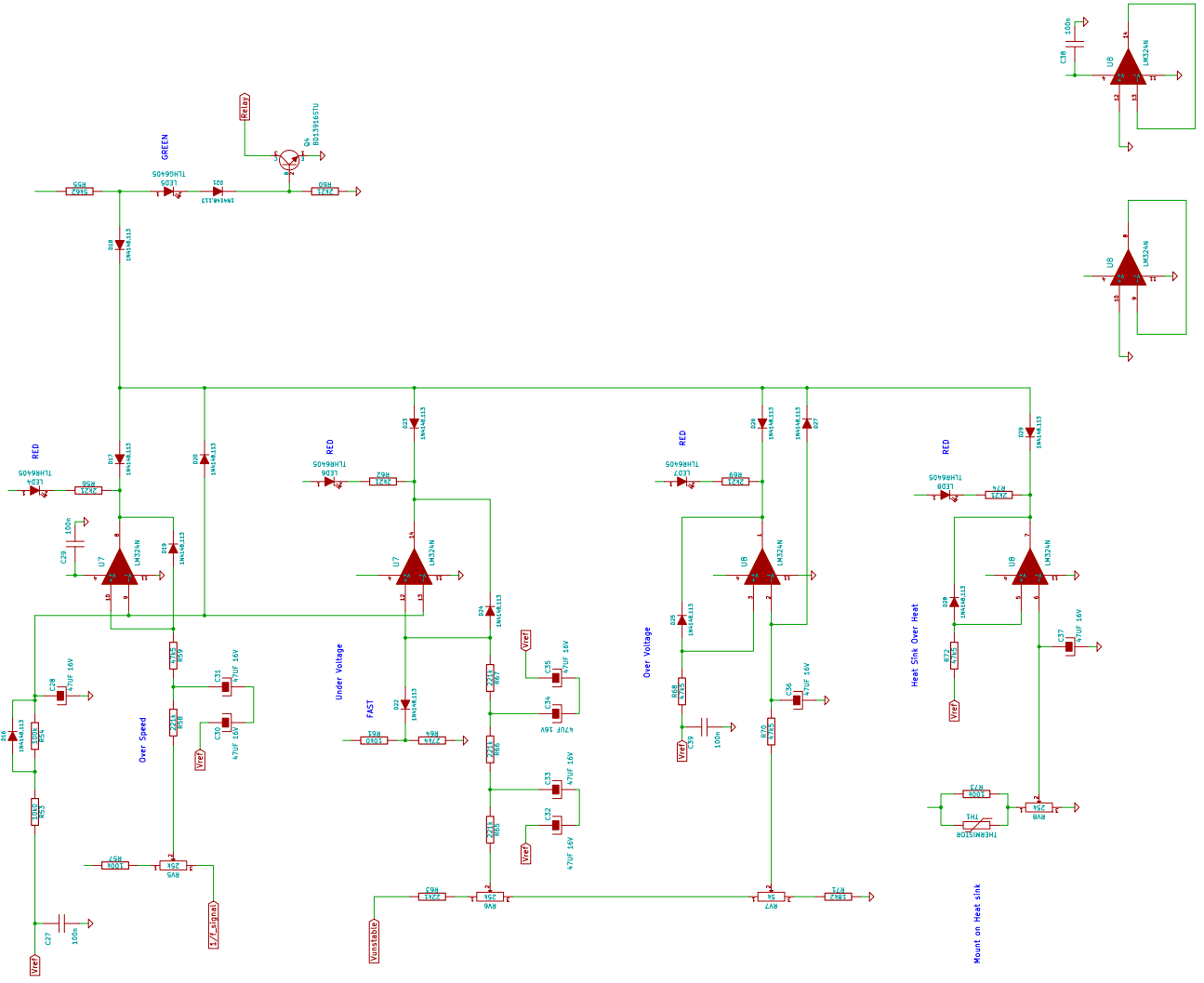
Esto podría disparar la protección contra sobre-velocidad, apagando el sistema. Sin embargo, alternativamente, el resultado puede ser que el AVR aumente la tensión, causando la oscilación.

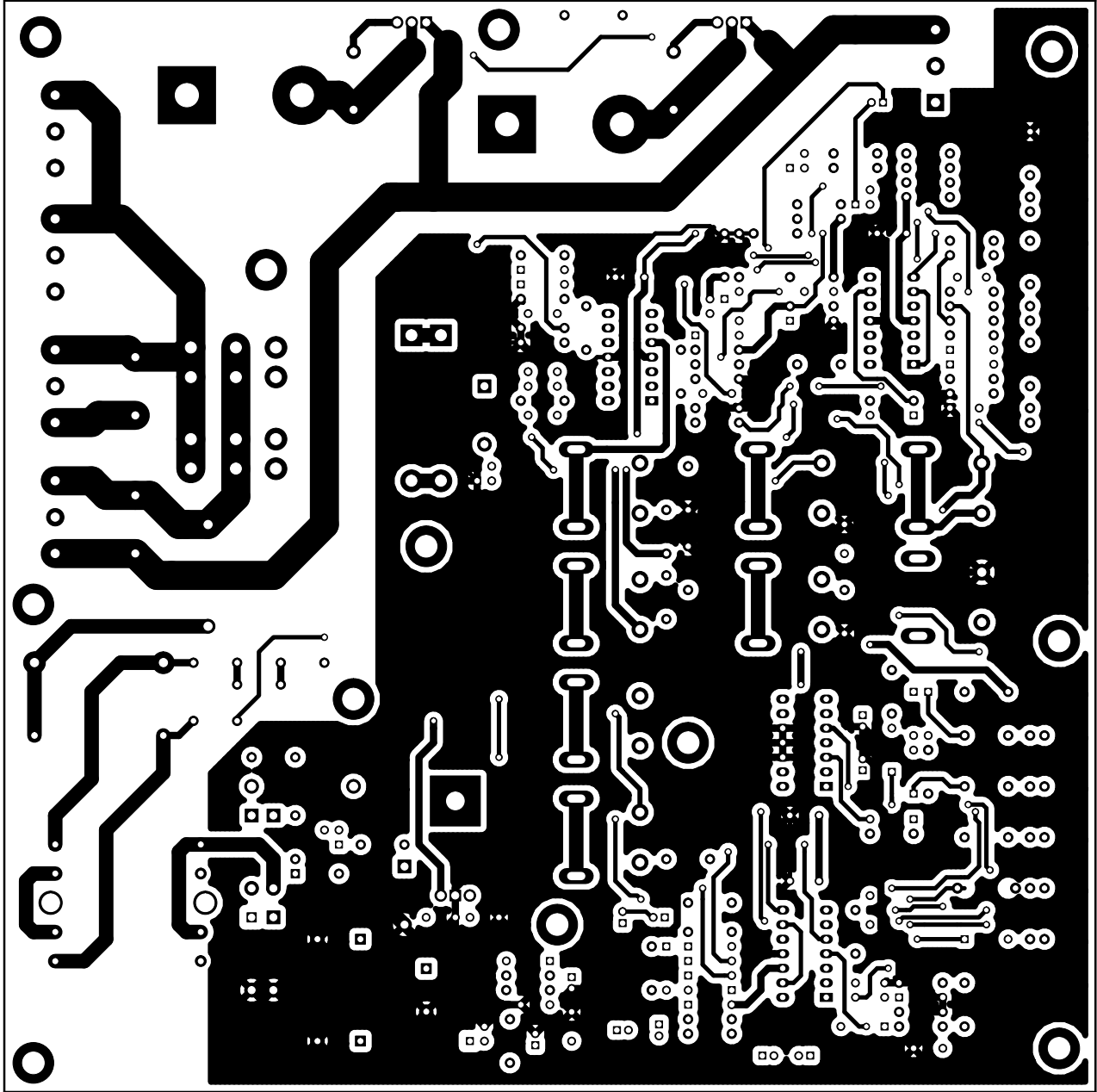
Apéndice A

Modificado dibujos PCB por Dan Helper



Verf. Deleted







Dump Loads

