

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE CONTRA CURTO-CIRCUITO DA PEÇA E DA FERRAMENTA DE USINAGEM ELETROQUÍMICA

João Cirilo da Silva Neto jcirilos@mecanica.ufu.br

Artur da Silva Carrijo artur@eel.ufu.br

Fernando Andrade andradefernando@yahoo.com.br

Homero de Faria Júnior homerofaria@yahoo.com.br

Evaldo Malaquias da Silva emalaqui@mecanica.ufu.br

Marcio Bacci da Silva mbacci@mecanica@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, 2121, (34) 32394376, Campus Santa Mônica, Bloco M, 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil

Resumo: *A usinagem eletroquímica é um processo aplicado para usinar materiais muito resistentes e sensíveis ao calor. O mecanismo de remoção de material é a eletrolise, onde uma baixa voltagem (5 a 25 V) é aplicada entre a peça (ânodo) e a ferramenta (cátodo). As vantagens deste processo são a remoção de material sem geração significativa de calor e desgaste da ferramenta. Para estudar os fundamentos do processo foi desenvolvido um protótipo de um equipamento de usinagem eletroquímica. Após varias etapas de melhoramento, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema de controle do movimento de avanço da ferramenta para evitar curto-circuito que ocorre quando a ferramenta toca a peça. O sistema é baseado em um sensor de corrente e um circuito eletrônico para aquisição e condicionamento de sinais.*

Palavras-chave: *Usinagem Eletroquímica, Sistema de Controle, Automação.*

1. INTRODUÇÃO

A usinagem eletroquímica é um processo não tradicional de usinagem que tem grande aplicação em materiais de baixa usinabilidade, como materiais que possuem alta dureza ou alta resistência ao cisalhamento. Neste processo a remoção de material é feita através de eletrólise. O eletrólito usado, normalmente, é uma salmoura. A diferença de potencial (ddp) existente entre a peça e a ferramenta faz com que uma corrente elétrica circule, e o eletrólito fecha o circuito entre a peça (ânodo) e a ferramenta (cátodo). A passagem de corrente através do eletrólito é acompanhada de uma transferência de massa, os cátions se movimentam em direção ao cátodo, e os ânions em direção ao ânodo (Benedict, 1987 e McGeough, 1989). Na interface metal-eletrólito, ocorre a oxidação do ânodo com conseqüente transferência dos átomos do metal, na forma de íons, para o eletrólito.

Durante a usinagem, a distância (*gap*) entre a peça e a ferramenta tende a aumentar devido a remoção de material da peça. Para que essa distância não aumente, a ferramenta é acionada por um motor, que avança a ferramenta na direção da peça enquanto a usinagem ocorre. Teoricamente não haveria desgaste da ferramenta nesse processo, já que esta não precisa encostar na peça para que se ocorra a usinagem, no entanto, se a distância entre elas for muito pequena, pode acontecer um contato indesejado entre as mesmas. Quando isso ocorre, tem-se um curto-circuito, que provoca desgaste tanto da peça quanto da ferramenta.

O objetivo deste trabalho é mostrar o projeto e a construção de um sistema de controle contra curto-circuito da peça e da ferramenta de usinagem eletroquímica. Para a realização do projeto foi utilizado um circuito eletrônico que envia sinal para o motor de alimentação da ferramenta em função da corrente produzida durante a usinagem, que é fornecida pelo “shunt” ligado em série com a peça. Se a corrente for maior que a corrente de controle o motor pára automaticamente até a corrente diminuir para faixa de controle. No entanto, se a corrente for menor ou igual à corrente de controle a operação de usinagem ocorre normalmente.

2. JUSTIFICATIVAS PARA O CONTROLE DO MECANISMO DE AVANÇO DA PEÇA.

Vários ensaios de usinagem eletroquímica (furação e rebarbação) foram realizados no equipamento utilizado neste trabalho. Em função da ocorrência de curto-circuito em alguns testes, iniciaram-se os estudos das possíveis melhorias a serem incorporadas ao equipamento.

Sem o controle, o avanço ou recuo (descida ou subida) da ferramenta é feito pela rotação do motor, que é acionado por uma fonte de corrente e acoplado ao redutor (sem-fim-coroa) que movimenta a ferramenta, conforme a Fig. (1).

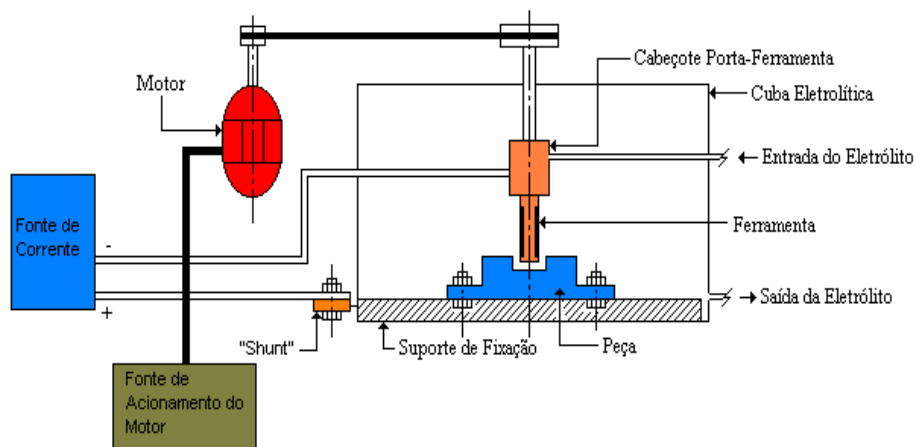


Figura 1: Esquema simplificado do equipamento de usinagem eletroquímica (Malaquias, 2000).

Na condição atual não é possível controlar esse avanço, ou seja, a ferramenta tem alimentação constante. Isto faz com que ocorram, algumas vezes, curtos-circuitos que danificam a peça e a ferramenta. Com isso, o eletrólito não penetra na interface peça-ferramenta, provocando o centelhamento ou faiscamento.

O esquema de ligação da fonte de potência tem o pólo negativo ligado ao canhão (suporte da ferramenta) e o pólo positivo ligado ao *shunt* que é uma resistência acoplada ao circuito para possibilitar a leitura da corrente que passa pelo mesmo. O *shunt* está parafusado na chapa de cobre da cuba eletrolítica. Um multímetro acoplado ao *shunt* registra a diferença de potencial. Como a resistência do *shunt* é conhecida (400A/50mV), pode-se determinar o valor da corrente.

Para viabilizar a realização de um sistema de controle contra curto-circuito, foi feito um estudo das possíveis formas de monitorar o movimento da ferramenta. Uma delas seria controlar a velocidade de avanço da ferramenta a partir do motor de avanço. Isto poderia ser feito, numa explicação simplista, da seguinte maneira, o avanço da ferramenta seria controlado a partir da intensidade de corrente gerada diretamente no *shunt*. Esta corrente é decorrente da facilidade ou dificuldade de dissolução anódica da peça. Os sinais para o controlador são enviados de acordo com a corrente produzida no processo de usinagem.

3. SISTEMA DE CONTROLE DE AVANÇO DA FERRAMENTA

Quando a taxa de remoção de material (TRM) é menor que a velocidade de avanço da ferramenta, a distância (*gap*) entre a peça e a ferramenta vai diminuindo gradualmente até chegar a zero. A resistência elétrica existente entre a peça e a ferramenta é decorrente do *gap*, portanto, quando este se anula, a resistência elétrica é zero. Pela lei de Ohm (Halliday, 1980), sabe-se que na presença de uma diferença de potencial (ddp), uma resistência nula implica em uma corrente tendendo a infinito, caracterizando um curto-circuito.

No equipamento de usinagem eletroquímica existente no Laboratório de Usinagem Não Tradicional da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, quando acontece esse curto, a única providência a ser tomada é desligar o motor que movimenta a ferramenta utilizando uma chave liga-desliga. Com a parada do motor, a velocidade de avanço é zero e o processo de remoção continua até que o *gap* entre a peça e a ferramenta aumente, eliminando o curto-circuito. Mesmo desligando o motor que alimenta o avanço da ferramenta, os danos causados à peça e à ferramenta são inevitáveis. Por isso, é necessário um controle do processo para evitar o curto-circuito.

4. PROJETO E CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

4.1 Análise da Corrente Elétrica no Processo de Usinagem

O circuito elétrico por onde flui essa corrente está mostrado na Fig. (2).

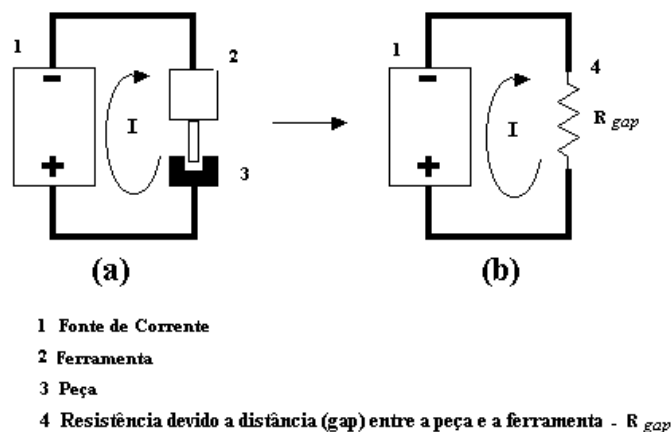


Figura 2: (a) Circuito do sistema de usinagem eletroquímica (Malaquias, 2000)
(b) Circuito elétrico equivalente do sistema de usinagem eletroquímica

A partir de ensaios realizados no equipamento de usinagem eletroquímica foi medida a corrente do circuito elétrico mostrado na Fig. (2) nas situações de operação normal e de curto-circuito. Em operação normal de usinagem eletroquímica a tensão no *shunt* variou de 2mV a 4mV. Como a resistência do *shunt* é $125\mu\Omega$, com o uso da relação $V = R \cdot I$ (Malvino, 1995), pode-se calcular a corrente do circuito quando a usinagem ocorre em operação normal. O valor varia de 16 a 32 ampères. Na presença de curto-circuito a tensão no *shunt* elevou-se para 11,5mV. Esta tensão foi medida durante a usinagem eletroquímica do aço inoxidável austenítico usando uma ferramenta de cobre eletrolítico. O eletrólito utilizado foi o cloreto de sódio com uma concentração de 100g/l e vazão de 300l/h. A velocidade de avanço da ferramenta foi de 1mm/min. Neste caso, a corrente de curto-circuito foi 92 amperes. Foi fixada uma corrente limite, acima da qual o sistema não irá trabalhar. Essa corrente deve ser menor que 92 amperes e maior que 32 amperes. Um valor apropriado para essa corrente limite seria 48 amperes. Este foi escolhido por ser um valor pouco maior que a corrente de operação normal, e bem menor que a corrente de curto-circuito. Garantindo que o sistema nunca trabalhe próximo a corrente de curto-circuito.

4.2 Sistema de Controle

Para evitar a ocorrência do curto circuito foi desenvolvido um sistema de controle constando de transdutor, circuito de condicionamento de sinal e atuador. Esse sistema tem o seguinte princípio de funcionamento: quando a corrente do processo de usinagem eletroquímica ultrapassar um valor determinado (no caso 48 amperes) o sistema irá promover a parada do motor que avança a ferramenta sobre a peça. Fazendo isso, a distancia (*gap*) entre a peça e a ferramenta tende a aumentar, e dessa forma a corrente irá diminuir. Quando a corrente ficar abaixo do valor determinado (48 amperes) o sistema automaticamente liga o motor e o avanço continua.

4.2.1 Transdutor

Transdutor é o elemento que capta a informação de entrada e produz em sinal elétrico, normalmente tensão elétrica, na saída. O transdutor utilizado nesse sistema de controle foi um sensor de corrente. O sensor de corrente é o dispositivo que permite monitorar a corrente elétrica do circuito onde ocorre a usinagem eletroquímica. Esse sensor se resume a uma resistência, no caso um *shunt*, que foi instalado em série com o circuito elétrico, como pode ser verificado na Fig. (3). Fazendo a monitoração da tensão em seus terminais pode-se, com o uso da relação $V = R.I$, monitorar a corrente que flui no circuito. O *shunt* usado possui uma resistência de $125\mu\Omega$, conforme citado (Malaquias, 2000). Como a corrente limite estabelecida é 48 Ampères, uma tensão no *shunt* maior que 6mV será considerada curto-circuito.

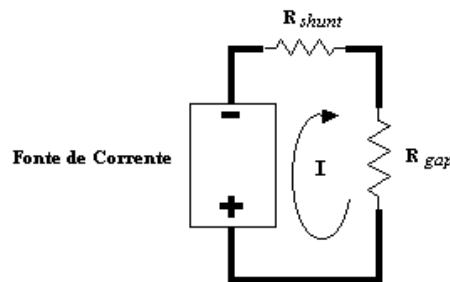


Figura 3: Circuito Elétrico do processo de Usinagem Eletroquímica com *shunt*.

4.2.2 Condicionamento de Sinal

O sinal do transdutor é muito baixo (da ordem de 6mV) e com ruídos, por isso, deve-se fazer um tratamento desse sinal. Para obter a diferença de potencial no *shunt*, utiliza-se um amplificador de instrumentação, um circuito eletrônico com alta impedância de entrada e com característica diferencial, ou seja, sua saída é proporcional a diferença de potencial entre os pontos de entrada, no caso, as extremidades do *shunt*. Em seguida deve-se filtrar esse sinal, pois como as grandezas trabalhadas são contínuas, todas as grandezas alternadas e presentes no sinal são considerados ruídos, por isso o filtro é projetado para eliminá-las. Após filtrar o sinal, dá-se mais um ganho com a utilização de um amplificador não inversor, esse último ganho tem a finalidade adequar o sinal para entrar em um comparador, com isso, a amplificação total do circuito deve transformar o sinal de entrada da ordem de miliVolts para um sinal da ordem de Volts. Com o sinal filtrado e amplificado, compara-se esse valor com um valor de referência, que representa o limite de operação do sistema.

4.2.3 Amplificador de Instrumentação

O amplificador de instrumentação tem por finalidade coletar a diferença de potencial do *shunt*, essa diferença é uma leitura indireta da corrente elétrica no processo de usinagem eletroquímica. A construção do amplificador de instrumentação foi realizada com resistências de precisão, todas de

mesmo valor, e com amplificadores operacionais do circuito integrado LM324, um circuito integrado composto de quatro amplificadores operacionais. Como todas as resistências do circuito amplificador de instrumentação são iguais, esse circuito possui um ganho de quatro, ou seja, a saída desse circuito é a entrada vezes quatro.

4.2.4 Filtro Passa-Baixa

Várias são as fontes de ruídos, desde indução eletromagnética oriunda da circulação de corrente no circuito eletroquímico até ruídos provenientes das lâmpadas fluorescentes. Dessa forma, é clara a necessidade de um filtro para eliminar os ruídos, que são que sinais de origem desconhecida, captados pelo circuito de instrumentação e que não fazem parte do sistema que se quer controlar. Como a grandeza analisada (tensão no *shunt*) é de origem contínua, projetou-se um filtro passa baixa para cortar todas os sinais de origem alternada, para tal a frequência de corte do filtro é de 2Hz.

O filtro mostrado possui uma frequência de corte de 2Hz e um ganho de duas vezes. A entrada desse circuito é a saída do amplificador de instrumentação. Sendo assim como os dois circuitos são ligados em série, a saída do filtro é o sinal de entrada filtrado e com ganho de seis vezes, já que o amplificador de instrumentação tem ganho de três e o filtro tem ganho de dois.

A construção desse filtro foi realizada com o amplificador operacional que sobrou no LM324 utilizado para construir o amplificador de instrumentação. Utilizou-se também resistências de um quarto de watt e um capacitor eletrolítico.

4.2.5 Amplificador Não-Inversor

Mesmo com os ganhos dos circuitos apresentados anteriormente, o sinal ainda se encontra na faixa dos miliVolts. Para amplificar esse sinal e colocá-lo na ordem de Volts utilizou-se um amplificador não inversor. Como o sinal de entrada gira em torno dos 6mV, um ganho de 500 seria coerente, com isso o sinal trabalhado estaria na ordem de 3V. Como os dois circuitos anteriores juntos possuem um ganho de seis, para o amplificador não inversor adotou-se um ganho de oitenta e dois (valor comercial de resistência), com esses três circuitos em série tem-se um ganho muito próximo de 500.

O amplificador foi construído com um amplificador operacional de outro circuito integrado LM324 e resistências de um quarto de watt. Sua entrada é a saída do filtro, dessa forma a saída do amplificador não inversor é a tensão de entrada, filtrada e com um ganho de quinhentas vezes.

4.2.6 Comparador

Depois que o sinal do *shunt* estiver amplificado, deve ser comparado com o sinal de referência (3V), o qual possui o valor da tensão limite no *shunt* (6mV), multiplicado pelo ganho do circuito amplificador (500). No circuito comparador também se faz uso de amplificadores operacionais, no entanto, nesse caso o amplificador não trabalha como amplificador. Esse circuito funciona de forma que se a tensão na entrada não inversora for maior que a tensão da entrada inversora, a tensão de saída é igual à tensão de alimentação. Caso contrário, se a tensão da entrada inversora for maior que a da entrada não inversora, a tensão de saída será igual a tensão do terra, ou seja, zero.

De forma simplificada, pode-se dizer que:

Quando $V_{entrada} < V_{referência} \rightarrow V_{saída}$ é igual a zero;

Quando $V_{entrada} > V_{referência} \rightarrow V_{saída}$ é igual a $V_{alimentação}$ (Vdd).

Como a tensão de alimentação de um amplificador operacional é 15V, pode-se concluir que a saída desse circuito será zero ou 15V. Quando a tensão do *shunt* amplificada ($V_{entrada}$) for menor que a tensão de referência (3V), a saída do circuito será zero. E, quando a tensão do *shunt* amplificada ($V_{entrada}$) for maior que a tensão de referência (3V), a saída do circuito será 15V. Pode-se concluir que na eminência do curto-circuito, quando a tensão amplificada do *shunt* for

maior que a tensão de referência, o sinal de saída do comparador é 15V, e quando o circuito eletroquímico estiver em operação normal, a tensão amplificada do *shunt* será menor que a tensão de referência, a saída do comparador será zero volt.

Neste caso existe a possibilidade de se trabalhar com sinais lógicos:

Operação Normal – 0V;

Curto-Circuito – 15V.

O circuito comparador foi construído com um amplificador operacional do mesmo circuito integrado utilizado na construção do amplificador não inversor (LM324).

4.2.7 Atuador

O atuador é o circuito que irá modificar a situação do processo eletroquímico é composto basicamente por um transistor em um relé. O circuito atuador funcionará como uma chave que liga e desliga o motor.

A entrada desse circuito é a saída do circuito comparador, como pode-se ver a entrada do atuador é a base de um transistor, como a saída do comparador é 0V ou 15V, o transistor funcionará na saturação ou no corte, ou seja, ele será uma chave, quando em sua base tivermos 0V (operação normal), ele não irá conduzir, e quando em sua base tivermos 15V (situação de curto-circuito) ele funcionará como uma chave fechada.

Quando o transistor estiver em condução (situação de curto-circuito) circulará uma corrente na bobina do relé e este irá chavear o motor, desligando-o. Quando o transistor estiver bloqueado, não estará circulando corrente na bobina do relé e portanto o circuito de alimentação do motor estará fechado, portanto o motor estará funcionando.

O conjunto de todos os circuitos apresentados anteriormente forma o sistema de proteção contra curto-circuito, que está mostrado na Fig. (4).

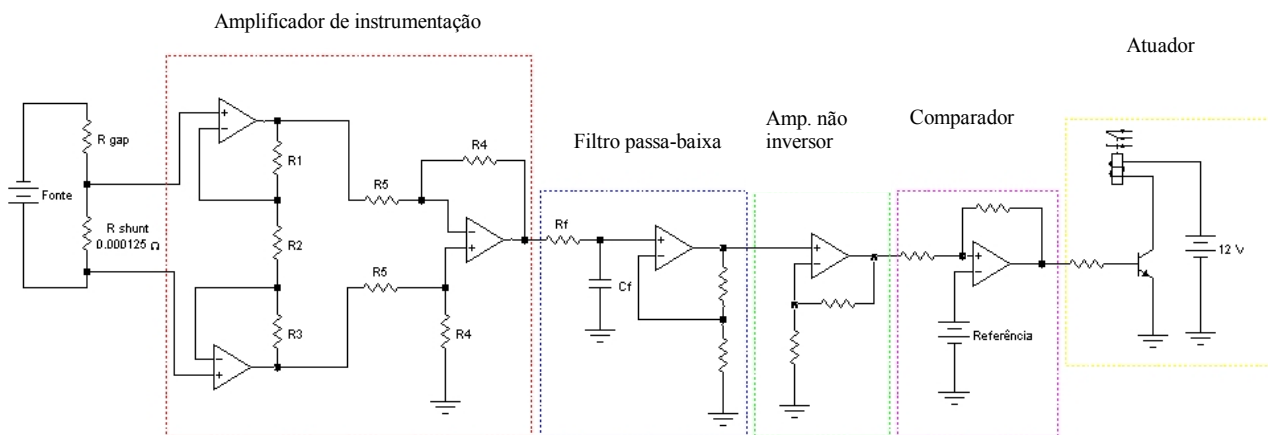


Figura 4: Circuito final do sistema de proteção contra curto-circuito

O funcionamento desse circuito pode ser resumido da seguinte forma: em operação normal de funcionamento a corrente do circuito eletroquímico é menor que 32 ampères, dessa forma a tensão no *shunt* é menor que 6mV, então a saída do estágio de amplificação e filtragem é menor que 3V fazendo com que a saída do comparador seja 0V. Sendo a entrada do atuador 0V, o transistor está bloqueado e dessa forma a bobina do relé não está energizada. Sendo assim, o circuito de alimentação do motor que avança a ferramenta sobre a peça está fechado, então existe movimento de avanço. Se a corrente do circuito eletroquímico ultrapassar 32 amperes, a tensão no “*shunt*” será maior que 6mV e conseqüentemente a saída do estágio de amplificação e filtragem será maior que 3V, sendo assim a saída do comparador é 15V. Tendo 15V na base do transistor, este entra em condução e com isso a bobina do relé é energizada, fazendo com que o mesmo abra o circuito de alimentação do motor, provocando a parada do avanço. Como o avanço da ferramenta está parado mas a usinagem não, a distancia (*gap*) entre a peça e a ferramenta vai aumentando, o que provoca

uma diminuição da corrente do circuito eletroquímico. Quando a corrente ficar inferior a 32 amperes, o relé fecha o circuito de alimentação do motor e o avanço volta a acontecer.

O sistema de proteção foi instalado em série com a alimentação do motor responsável pelo avanço da ferramenta sobre a peça. Uma fonte protegida de 15V e 1A foi utilizada para alimentar os circuitos do sistema de proteção.

5. ANÁLISE GERAL DO CIRCUITO

Em testes preliminares de bancada, o sistema de proteção contra curto-circuito funcionou perfeitamente. Esses testes foram realizados no Laboratório de Engenharia Elétrica com circuitos auxiliares que simulavam a tensão do *shunt*, quando a tensão de entrada estava abaixo de 6mV o relé ficava em uma posição, quando a tensão ultrapassava 6mV o relé é chaveado, o que demonstrava um perfeito funcionamento do circuito. No entanto, quando o circuito foi instalado no equipamento de usinagem eletroquímica o sistema de proteção não funcionou satisfatoriamente. O mau funcionamento do mesmo foi caracterizado pelo chaveamento do relé na presença de correntes menores que 32 amperes. Foi feito um estudo das possíveis razões desse mau funcionamento, que são apresentadas a seguir:

Os circuitos integrados LM324 se mostraram imprecisos para o tratamento de sinais muito baixos (6mV), a tensão de offset desses amplificadores operacionais pode ter interferido no resultado final do condicionamento;

As fontes de ruído no local onde o equipamento está instalado podem ter influenciado no funcionamento dos circuitos eletrônicos. O filtro projetado com amplificador operacional comum pode não ter cortado com a eficiência esperada todos os ruídos presentes na aquisição do sinal.

Pode-se apresentar algumas alternativas para melhorar o sistema de proteção contra curto-circuito que são descritas abaixo.

5.1 Substituir o shunt

Como um dos problemas encontrados foi a baixa amplitude do sinal de entrada, uma alternativa seria aumentar a amplitude desse sinal, para isso bastaria substituir o *shunt* de $125\mu\Omega$ por um e resistência maior. Como $V=R \cdot I$, aumentando o valor de R, para um mesmo valor de I teremos um aumento proporcional na tensão.

O inconveniente dessa alternativa é a maior dissipação de potência no *shunt*, uma vez que $P=R \cdot I^2$, a potência dissipada no *shunt* em forma de calor seria aumentada proporcionalmente ao aumento da resistência do mesmo. Considerando que a perda de potência não é um problema significativo para o sistema, o problema dessa dissipação de calor seria a variação da resistência do material do *shunt* com o aumento da temperatura. Esse problema é resolvido se usarmos como transdutor um *shunt* de constantan, material condutor que praticamente não varia sua resistência com a variação da temperatura.

5.2 Melhorar a Qualidade dos Circuitos Integrados Utilizados

Outra alternativa, que pode ser feita em conjunto com a primeira seria substituir os circuitos LM324 por circuitos integrados (CI) de maior precisão, além de utilizar um CI específico para amplificador de instrumentação, que trabalhe com sinais de tensão muito baixo e que possuem ajuste de offset (deslocamento do valor de referência). O problema dessa alternativa é a elevação do custo do circuito, ficando em torno de dez vezes mais caro que o circuito projetado e mostrado nesse trabalho.

5.3 Mudar de transdutor

Como o problema encontrado no sistema projetado certamente está relacionado com a aquisição do sinal, uma alternativa seria modificar o transdutor. Poderia ser utilizado um sensor de efeito *hall* no lugar do *shunt*. Com a mudança de transdutor apenas o ganho do circuito de condicionamento seria alterado, ficando inalterado todo o circuito de atuação. O inconveniente dessa alternativa novamente está relacionado ao custo.

6. CONCLUSÕES

A falta de equipamento para estudo dessa importante tecnologia de usinagem motivou a construção de um protótipo de equipamento de usinagem eletroquímica na Universidade Federal de Uberlândia. A pesquisa em questão contribuiu tanto na divulgação desse equipamento, com publicações em diversos congressos e encontros da área, quanto contribuiu para o aperfeiçoamento do mesmo, indicando pontos que poderiam ser melhorados e propondo soluções para os mesmos. Este trabalho focalizou a parte elétrica do equipamento, destacando o problema do curto-circuito entre a peça e a ferramenta e propondo soluções para este problema.

7. REFERÊNCIAS

- Benedict, G.F., 1987, “Nontraditional Manufacturing Processes”, Marcel Dekker, New York and Basel, p.125 – 172.
- McGeough, J.A., 1988; “Advanced Methods of Machining”, Chapman and Hall, London, pp.55-88.
- Halliday, D.; Resnick, R., *Física*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980. 345p. Volume 3.
- Malaquias, E. 2000, “Contribuição ao Estudo da Usinagem Eletroquímica do Aço Rápido ABNT M2”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 141 pp.
- Malvino, A. P., *Eletrônica*. São Paulo: Makron Books, 1995, 324p. Volume 1.
- Malvino, A. P., *Eletrônica*. São Paulo: Makron Books, 1995, 558p. Volume 2.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM TO AVOID SHORT CIRCUIT BETWEEN THE TOOL AND THE WORKPIECE IN THE ELECTROCHEMICAL MACHINING PROCESS

João Cirilo da Silva Neto Jcirilos@mecanica.ufu.br

Artur da Silva Carrijo artur@eel.ufu.br

Fernando Andrade andradefernando@yahoo.com.br

Homero de Faria Júnior homerofaria@yahoo.com.br

Evaldo Malaquias da Silva emalaqui@mecanica.ufu.br

Marcio Bacci da Silva mbacci@mecanica@ufu.br

Federal University of Uberlândia, School of Mechanical Engineering, Av. João Naves de Ávila, 2121, Campus Santa Mônica, Building 1M, 38400-902, Uberlândia, MG, Brazil.

Abstract: *The electrochemical machining (ECM) is a process applied to difficult to cut materials, like heat resistant alloys. The ECM process is an anodic dissolution process where a low voltage (5 to 25V) is applied across the gap between the pre-shaped cathode tool and an anode workpiece. This process has many advantages like the absence of tool wear and heat generation. To study the fundamentals of a process a prototype was developed at the laboratory of non-traditional machining process. The main goal of this goal is the development of a system to control the feed movement to avoid short circuit between the tool and the workpiece. The system is based on a current sensor and electronic circuits to acquisition and signal conditioning.*

Keywords: *Electrochemical Machining, Control System, Automation.*